**Der Tropenlandwirt**

Zeitschrift für die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen

Beiheft Nr. 11

# Kulturpflanzenforschung zur Erhaltung der Pflanzengenetischen Ressourcen

von

Christine Umlauf, Ing. agr. (grad.), M. Sc.

Prof. Dr. Mechthild Rommel, Dipl. agr.

**Herausgeber:**

**Gesamthochschule Kassel**, Organisationseinheit Internationale Agrarwirtschaft in **Witzenhausen**

**Deutsches Institut für tropische und subtropische Landwirtschaft GmbH., Witzenhausen**

**Verband der Tropenlandwirte aus Witzenhausen e. V., Witzenhausen**

**Gesellschaft zur Förderung des Deutschen Instituts für tropische und subtropische Landwirtschaft e. V., Witzenhausen**

**Redaktion: Prof. Dr. Peter Wolff, Witzenhausen**

Beihefte zu DER TROPENLANDWIRT

Bisher sind erschienen:

Nr. 1 Möglichkeiten der Produktions- und Einkommenssteigerung in der Landwirtschaft der Entwicklungsländer. Vorträge der Witzenhäuser Woche 1971

Nr. 2 Elektrotechnik. Arbeitsblätter für den Tropenlandwirt

Nr. 3 Die zweite Dekade der Entwicklungspolitik. Vorträge der Witzenhäuser Woche 1972

Nr. 4 Beiträge der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft zur Entwicklung der Dritten Welt. Vorträge der Witzenhäuser Woche 1973

Nr. 5 Bewässerungslose Landwirtschaft in ariden und semiariden Klimazonen. Vorträge der Witzenhäuser Woche 1974

Nr. 6 Sachverhalte und Probleme der Kommunikation bei der Zusammenarbeit mit Partnern in der Dritten Welt. Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1975

Nr. 7 Das Mulchen und sein Einfluß auf die Bodentemperatur und -feuchte. Von Dipl. Ing. agr. Ulrich Türke

Nr. 8 Erwachsenenbildung in der Dritten Welt - unter besonderer Berücksichtigung des ländlichen Raumes. Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1976

Nr. 9 Über den Wirtschaftswandel bei den Eingeborenenvölkern Kamtschatkas. Von Prof. Dr. Heinz Bliss

Nr. 10 Gewächshäuser als Hilfsmittel für die pflanzenbauliche Praxis, Lehre und Forschung. Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1977

Nr. 11 Kulturpflanzenforschung zur Erhaltung der pflanzengenetischen Ressourcen. Von Christine Umlauf, Ing. agr. (grad.), M. Sc., Prof. Dr. Mechtild Rommel, Dipl. agr.

---

Verlag: Selbstverlag des Verbandes der Tropenlandwirte aus Witzenhausen, D 3430 Witzenhausen 1, Steinstraße 19

Vorbemerkung

Die vorliegende Studie versucht, den Vorgängen zu folgen, die dazu geführt haben, daß pflanzliche Gene unserer Kulturpflanzen heute in Genbanken gezielt gesammelt, geordnet und aufbewahrt werden. Wir glauben, daß die von uns zusammengetragenen Informationen für viele von Interesse sind, die sich mit dem Anbau und der Züchtung von Kulturpflanzen befassen, besonders in den Ländern der Dritten Welt. Dort finden sich noch mehr von den für den Nutzpflanzenbau so wertvollen pflanzengenetischen Ressourcen und für ihre Erhaltung sollten alle Anstrengungen gemacht werden.

Zur besseren Übersicht über das Quellenmaterial wurden im Literaturteil Handbücher und Sammelbände getrennt von Einzelveröffentlichungen aufgeführt.

Witzenhausen, im August 1978

M. Rommel

## 1. Einleitung

Die Domestikation von Wildpflanzen im Neolithikum ist vielleicht einer der wichtigsten Schritte in der Evolution der menschlichen Kultur gewesen, zusammen mit der Erfindung des Ackerbaues sogar die Voraussetzung dafür. Im Laufe der Zeit lernte es der Mensch immer mehr, die natürliche Formenmannigfaltigkeit der Pflanzen für seine Zwecke zu nutzen. Zunächst geschah das zwar noch unbewußt und in relativ geringem Ausmaß, doch bereits zu Beginn der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung am Anfang des 20. Jahrhunderts haben Genetiker und Pflanzenzüchter eindringlich auf die unübersehbare Fülle genetischer Variabilität hingewiesen, wie sie in den Primitivformen unserer Kulturpflanzen vorhanden ist. Aber erst nachdem der russische Forscher N. I. VAVILOV aufgrund zahlreicher Expeditionen seine Genzentrentheorie entwickelt hatte, begann eine intensivere Erforschung und Ausnutzung der in den Genzentren seit Jahrhunderten angehäuften genetischen Formenmannigfaltigkeit.

Dies geschah zunächst in dem Bewußtsein, daß diese pflanzenzüchterische Rohstoffbasis so ziemlich unerschöpflich sei und auch noch lange in die Zukunft hinein in dieser Form weiterexistieren würde. Es bestand anscheinend keine Notwendigkeit, Maßnahmen zur Erhaltung und Sicherung der pflanzengenetischen Ressourcen auch für künftige Generationen zu treffen.

Seit Mitte der 60er Jahre hat sich diese Auffassung jedoch entscheidend geändert. Man wurde sich immer mehr des unermeßlichen Wertes repräsentativer Sammlungen pflanzengenetischen Materials für Pflanzenzüchter, Genetiker, Pathologen und Evolutionsforscher sowie der wachsenden Gefahr einer Generosion bewußt. Denn gerade in den Ursprungs- und Mannigfaltigkeitszentren vieler unserer Kulturpflanzen, die zum großen Teil in Entwicklungsländern liegen, ist diese natürliche Formenfülle durch Einführung moderner Hochleistungssorten mit enger genetischer Basis und durch Anwendung verbesserter landwirtschaftlicher Methoden von der Ausrottung bedroht.

In verstärktem Maß versuchte man daher auf internationaler Ebene diese Rohstoffbasis für die Pflanzenzüchtung zu erhalten, und so kam es zu der Errichtung des Weltnetzes der Genbanken, zu dessen Hauptfunktion die Erforschung, Sammlung, Evaluierung, Konservierung und Dokumentation der pflanzengenetischen Ressourcen gehören.

Hier wird nun versucht, die Entwicklungen aufzuzeigen, die zur Entstehung des weltweiten Genbankennetzes führten und die Bedeutung dieser Einrichtung für die Pflanzenzüchtung der Gegenwart und besonders für die der Zukunft herauszustellen.

## 2. Die Erforschung der Evolution und der Ursprungszentren der Kulturpflanzen

Unsere Kulturpflanzen sind das Ergebnis von Evolutionsvorgängen, die sich sowohl in prähistorisch-historischen Zeiten vollzogen haben als auch in der Gegenwart noch stattfinden.

Bei diesen Prozessen findet SCHWANITZ (1967) zwei Vorgänge besonders wichtig:

1) die Veränderung einer mehr oder weniger großen Anzahl von Wildpflanzeneigenschaften in Kulturpflanzenmerkmale und

2) die zunehmende Fortentwicklung und Verbesserung dieser verschiedenen Kulturpflanzeneigenschaften.

In der Übersicht 1 sind die wichtigsten Unterschiede zwischen Wild- und Kulturpflanzen zusammengestellt.

Übersicht 1: Unterschiede zwischen Wild- und Kulturpflanzen

| A. WILDPFLANZENMERKMALE |
|---|
| 1. keine üppige Individualentwicklung<br>z.B. - kleine schlechtgeformte Rübenkörper oder Knollen bei den Wildformen der Hackfrüchte<br>- geringe Blattmasse und großer Stengelanteil bei den Wildformen der Futterpflanzen |
| 2. Besitz von Schutzvorrichtungen<br>z.B. - chemische Schutzvorrichtungen wie Gift- und Bitterstoffe<br>- morphologisch-anatomische Schutzvorrichtungen wie Spelzen, Grannen, Stacheln, Haare, Dornen, dicke Frucht- und Samenschalen |
| 3. Besitz natürlicher Verbreitungsvorrichtungen<br>z.B. - Ausbildung einer großen Anzahl kleiner Samen und Früchte |

Fortsetzung der Übersicht 1

- Spindelbrüchigkeit
- Streufrüchte

4. Besitz einer großen Vitalität

z.B. - Keimverzug durch keimhemmende Substanzen oder Hartschaligkeit der Samen und Früchte
- ungleichmäßige Abreife
- geringe Klima- und Bodenansprüche

## B. KULTURPFLANZENMERKMALE

1. Üppige Individualentwicklung und daraus resultierende Ertragssteigerung durch

z.B. - Gigaswuchs
- allometrisches Wachstum
- Vergrößerung der Anzahl der genutzten Organe

2. Qualitätsverbesserungen durch

z.B. - morphologisch-anatomische Veränderungen wie Volumenvergrößerung, Beseitigung mechanischer Elemente
- chemisch-physiologische Veränderungen wie Verlust von Gift- und Bitterstoffen, die den Genuß beeinträchtigen; Auftreten und Vermehrung nützlicher Eigenschaften (Carotin, Saccharose, Fasern)

3. Verlust von Schutzvorrichtungen

z.B. - chemischer Schutzvorrichtungen wie Gift- und Bitterstoffe
- morphologisch-anatomischer Schutzvorrichtungen wie Spelzen, Grannen, Stacheln, Haaren, Dornen sowie dicken Frucht- und Samenschalen

4. Verschlechterung bzw. Verlust natürlicher Verbreitungsvorrichtungen

z.B. - Ausbildung synaptospermer Früchte, die an den Pflanzen haften bleiben

Fortsetzung der Übersicht 1

- Verminderung der Samen- und der Fruchtzahl

5. Veränderung der Vitalität

z. B.
- kurze Keimruhe
- Veränderung der Lebensdauer (abhängig, ob vegetative oder generative Organe genutzt werden)
- Remontierung
- Veränderung der Adaption an bestimmte ökologische Verhältnisse
- Veränderung der Wuchstypes
- Veränderung der Geschlechtsverhältnisse, der Sexualität und der Fortpflanzungsart
- Veränderung der Photoperiodizität

Quelle: zusammengestellt nach KAPPERT 1958, PURSEGLOVE 1965, SCHWANITZ 1967, SCHMALZ 1969

Man sieht daran, daß die Veränderungen, die die Kulturpflanzen im Verlauf ihrer Entwicklung aus Wildarten erfuhren, sehr zahlreich und tiefgehend waren. Die Menschen früherer Epochen hielten sie daher für Schöpfungen und Geschenke göttlicher Wesen und in zahlreichen Kulturkreisen galten Gottheiten als Schöpfer, Förderer und Repräsentanten der Pflanzenkultur allgemein oder von bestimmten Kulturpflanzen und Kulturpflanzengruppen.

Nach SCHIEMANN (1932, 1933) lassen sich die heutigen Kulturpflanzen in vier Herkunftsgruppen einteilen, deren Erforschung erst mit der Entwicklung wissenschaftlichen Denkens und wissenschaftlicher Forschung begann:

1) einheimische, im Lande selbst in alter oder neuerer Zeit in Kultur genommene Pflanzen, die ihren Wildtypus beibehalten haben (Klee, Futtergräser)

2) Kulturpflanzen, deren nächste Verwandte zwar auch überall wild vorkommen, die aber selbst in der Kultur wichtigen Veränderungen unterworfen wurden; wegen ihrer verwandten Wildarten werden sie auch als einheimisch klassifiziert

3) Kulturpflanzen, die seit alters her im Lande angebaut werden,

deren Domestikation oft bis in prähistorische Zeit zurückgeht, zumindest aber soweit, daß ihre Anfänge nicht einfach zu verfolgen sind, z.B. Getreide und Lein in der Alten und Mais, Tabak, Bohnen und Kartoffeln in der Neuen Welt. Sie stellen die wichtigste Gruppe dar.

4) Kulturpflanzen, die in historischer Zeit von außen eingeführt wurden und deren Geschichte mehr oder weniger bekannt ist.

Schwierigkeiten bei ihrer phylogenetischen Erforschung bereiten vor allem die Pflanzen der 3. und 4. Gruppe, da durch Welthandel und Weltverkehr der Verbreitung der Kulturpflanzen nur noch klimatische und edaphische Verbreitungsgrenzen gesetzt sind und keine geographischen mehr. Auf diese Weise wächst die Gefahr, daß die in mancher Hinsicht interessanten Abstammungs- und Herkunftsfragen undurchsichtig werden.

Wie SCHEIBE (1963) betont, ist die Kenntnis des historischen Wandels im Werden und Vergehen der Kulturpflanzen nicht nur ein generelles Anliegen des nahrungsbedürftigen Menschen, sondern besonders für den Züchter relevant, der ja der "Gestalter" der Kulturpflanzen ist und der sich um eine erfolgreiche Einschaltung in die erblich bedingten Abwandlungsprozesse und damit auch in die praktischen Nutzungsvorgänge mit Hilfe der heute bekannten biologischen, chemisch-physikalischen und technischen Methoden bemüht.

## 2.1. Erste Anfänge der Kulturpflanzenforschung

Ende des 18., Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelte LAMARCK (1744 - 1829) seine Variations- und Abstammungslehre, durch die die naturwissenschaftliche Forschung in den folgenden Jahren einen großen Aufschwung erlebte. Im Verlauf dieser Entwicklung begann man sich auch in zunehmendem Maße mit der Erforschung der Evolution und des Ursprunges der Kulturpflanzen zu beschäftigen.

ALEXANDER VON HUMBOLDT (1769 - 1859) war der erste, der sich mit dem Ursprung der Kulturpflanzen näher befaßte. Von seinem bahnbrechenden pflanzengeographischen Werk, mit dem er sich bereits seit 1789 beschäftigte, wurde 1805 nach der Rückkehr von seiner Amerikareise die erste Lieferung des großen Reisewerkes "Essai sur la géographie des plantes" gedruckt. 1807 erschien eine deutsche Ausgabe, die Goethe gewidmet war "Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, nebst einem Naturgemälde der Tropenländer, auf Beobachtungen und Messungen gegründet ...". Dieser Werk hatte eine außerordentliche Wirkung auf die Zeitgenossen HUMBOLDTs, denn es löste die Epoche der beschreibenden Botanik durch eine neue Methode der Pflanzen- und Naturbetrachtung ab, die später als "Geobotanik" und "Ökologie" be-

zeichnet wurde. HUMBOLDT bemüht sich darin nicht nur um eine Beschreibung der Verbreitung der Pflanzen, sondern auch um eine Darstellung der kausalen historischen Gesetzmäßigkeiten sowie der Abhängigkeiten der Pflanzen von Klima, Boden und biologischer Umwelt.

In seinem Buch erwähnte HUMBOLDT auch, daß weder die Regionen bekannt sind, in denen Weizen, Gerste und Hafer spontan entstanden seien, noch wurden von den Pflanzen, die die natürlichen Reichtümer der Tropen darstellen, wie z.B. Banane, Papaya, Maniok und Mais, die Wildformen gefunden. Er kommt zu der Schlußfolgerung, daß der Ursprung der Pflanzen, die für den Menschen höchst nützlich sind und die ihn von den frühesten Epochen an begleitet haben, genauso ein undurchdringliches Geheimnis sei wie die Herkunft der Haustiere.

Etwa 50 Jahre danach begannen ALPHONSE DE CANDOLLE(1806 - 1893), und etwas später auch CHARLES DARWIN (1809 - 1882), dieses Geheimnis zu lüften. Sie erarbeiteten bereits viele der heutigen Kenntnisse über die Evolution der Kulturpflanzen und die Arbeit der modernen Kulturpflanzenforschung basiert sehr stark auf dem Werk dieser beiden bedeutenden Biologen des 19. Jahrhunderts.

DE CANDOLLE(1855, 1884) beschäftigte sich vor allem mit der Klärung von Abstammungsfragen der Kulturformen von bestimmten Wildarten sowie der Ermittlung ihrer ursprünglichen Heimat und ihres Verbreitungsweges. Seine ersten Vorstellungen darüber entwickelte er in dem Buch "Géographie botanique raisonée", das 1855 veröffentlicht wurde. Mit Hilfe der klassischen Botanik, der Archäologie, der Paläontologie und der Philologie versuchte er, für diese Fragen eine Lösung zu finden. Die Ergebnisse seiner Forschungen stellte er dann in seinem Werk "Origine des plantes cultivées" (1884) eingehend dar.

DE CANDOLLE (1886) war sich dabei durchaus der Beschränkungen bewußt, die ihm bei der Ermittlung der wilden Ausgangsformen der Kulturpflanzen gesetzt waren, wie z.B. durch die damals noch unvollkommene Erforschung großer Teile der Erde, die ungenügende systematische Bearbeitung der betreffenden Pflanzengruppen, die starken Veränderungen einer Kulturpflanze, die ihre Zuordnung zu einer bestimmten Wildform behinderten, oder das Aussterben der wilden Ausgangsformen. Bei der Frage nach der ersten Domestikation von Pflanzen bestritt er die Aussagekraft der von den Dichtern ausgeschmückten Überlieferungen der alten Völker, die die Anfänge allen Ackerbaues und die Einführung von Nutzpflanzen allgemein einer Gottheit oder mindestens einem großen Kaiser oder Inka zuschrieben. Er zog seine Schlußfolgerungen über die Anfänge des Ackerbaues lieber von "den wilden Völkern der Jetztzeit" und kam dabei zu dem Ergebnis, daß sich der Übergang vom Sammler- zum Bauerntum in verschiedenen Stufen vollzogen haben müsse und daß diese Entwick-

lung durch mehrere Faktoren, wie z.B. Klima und Fehlen anderer Nahrungsquellen verursacht worden sei. Auch mit dem Verdrängen einheimischer Kulturpflanzen durch leistungsfähigere Zuwanderer befaßte er sich bereits. Vermutlich war DE CANDOLLE der erste, der auf die Regionen hinwies, in denen die ersten Pflanzendomestizierungen wohl stattgefunden haben, nämlich China, Südwestasien einschließlich Ägyptens sowie das tropische Amerika.

DARWIN (1859) interessierte sich dagegen mehr für die Evolutionsvorgänge, die zur Umbildung der Wildarten in Kulturformen geführt haben. So berücksichtigte er bereits in seinem 1859 erschienenen Hauptwerk "The Origin of Species" die Evolution der Kulturpflanzen, auf die er dann in dem 1867 veröffentlichten zweibändigen Werk "Variation of Animals and Plants under Domestication" näher einging.

DARWIN wies besonders auf die Veränderung wichtiger Eigenschaften und Merkmale hin, die die Pflanzen im Verlauf ihrer Kulturpflanzenwerdung erfuhren, wie z.B. Gigaswuchs, verbesserte Qualität der Ernteprodukte, Fehlen oder Verschlechterung der natürlichen Verbreitungsorgane, Veränderungen des Geschlechtes etc. Als Ursache für diese Erscheinung betrachtete er einmal die natürlich Neigung aller Organismen zu "variieren" und zum anderen den Einfluß der Zuchtwahl, die entweder vom Menschen ausgeübt oder im Naturzustand durch den Kampf ums Dasein ins Spiel gebracht werden kann. Bei seinen Untersuchungen der Variabilität, die ihm bei den Kulturpflanzen besonders ausgeprägt erschien, entdeckte er u.a.:

- daß viele dieser Merkmalsveränderungen "Knospenvarianten" (heute: somatische Mutationen) waren;
- daß die Bastardierung und die gesteigerte Vitalität der Bastarde (heute: Heterosis) eine große Bedeutung für die Leistungsfähigkeit der Kulturpflanzen besaßen;
- das Phänomen der "korrelativen Variabilität", d.h., wenn ein Teil einer Pflanze variiert, variieren bestimmte andere Teile immer oder fast immer ebenfalls,
  und
- das Phänomen der "Parallelvariation", d.h. ähnliche Charaktere kommen bei verschiedenen Varietäten oder Rassen derselben Spezies vor.

Auch über die Bedeutung der Zuchtwahl durch den Menschen, die zu einem einseitigen Variieren der geschätzten Teile zu führen schien, war er sich bereits klar. Ebenso wie DE CANDOLLE wies er darauf hin, daß ein großer Teil der Kulturpflanzen aus einigen wenigen, eng begrenzten Teilen der Erde stammt. DARWIN erklärte diese Tat-

sache damit, daß nur da, wo sich bereits sehr früh Zentren menschlicher Hochkulturen gebildet hatten, auch frühzeitig eine größere Zahl von Arten domestiziert und in Kulturpflanzen umgeformt worden seien.

Die Veröffentlichungen DARWINS und DE CADOLLES fanden bei ihren Zeitgenossen einen enormen Widerhall. Da zu dieser Zeit noch die wissenschaftlichen Methoden fehlten, mit denen man die Ursachen der Evolutionsvorgänge besser hätte klarlegen können, fand sich zunächst niemand, der DARWINs Forschungsrichtung weiterverfolgte. Das Werk DE CADOLLEs dagegen eröffnete bereits der Forschung seiner Zeit ganz neue Wege. Durch die von ihm aufgezeigten Arbeitsmethoden, die von einer Reihe von Botanikern weiterentwickelt und durch neue Verfahren vervollständigt wurden, konnten zahlreiche neue wichtige Erkenntnisse über die Evolution der Kulturpflanzen gewonnen werden, die die Theorien DE CANDOLLEs in allen wesentlichen Punkten bestätigten und die die Irrtümer beseitigten, die er aufgrund des wissenschaftlichen Niveaus seiner Zeit entwickelt hatte (SCHIEMANN, 1932, 1933, SCHWANITZ, 1967, ZEVEN and ZHUKOVSKY, 1975).

Ein "Prä-Vavilovischer" Pflanzengeograph, der ebenfalls nicht unerwähnt bleiben darf, ist Th. H. ENGELBRECHT (1853 - 1935). Er entwickelte bereits 1916 einige für seine Zeit höchst originelle Ideen über den Ursprung der Kulturpflanzen.

Seiner Meinung nach wurden die primären Kulturpflanzen aus der Ruderalflora domestiziert, die sich im Laufe der Zeit aufgrund der besseren edaphischen Bedingungen in der Nähe der ersten menschlichen Siedlungen aus Pflanzenteilen entwickelt hatte, und die Sammler von ihren Streifzügen mit nach Hause gebracht hatten und die entweder unabsichtlich fallengelassen oder weggeworfen worden waren. Zwischen dieser Ruderalflora siedelten sich Unkräuter an, die unter veränderten Selektionsbedingungen über die primären Kulturen dominierten und domestiziert wurden, sofern sie Eigenschaften besaßen, die für den Menschen nützlich waren. Er belegte seine Theorie mit zahlreichen Beispielen.

Manche von ENGELBRECHTs Ansichten mußten aufgrund neuerer Erkenntnisse revidiert werden, doch seine Schlußfolgerungen über den Ursprung der ersten Kulturpflanzen in der Nähe menschlicher Siedlungen ähneln denen moderner Forscher: Heute werden alle Kulturpflanzen, deren Vorfahren Unkräuter waren, als sekundäre Kulturpflanzen bezeichnet, während die, die auf Wildpflanzen zurückgehen, primäre Kulturpflanzen genannt werden. In Übereinstimmung mit ENGELBRECHT sollte die Bezeichnung "wild" auch die Ruderalpflanzen umfassen, denn sonst gäbe es keine primären Kulturpflanzen zwischen den ältesten Kulturpflanzen. VAVILOV (1928, 1949/50) und SCHIE-

MANN (1932, 1933) dagegen zählen die Ruderalpflanzen zu den sekundären Kulturpflanzen

ENGELBRECHTs Werk blieb zunächst über die Grenzen Deutschlands hinaus relativ unbekannt und fand nur knappe Hinweise bei Autoren wie DARLINGTON (1956), STEARN (1965) und HAWKES (1969). Erst durch seine Übersetzung ins Englische und eine ausführliche Besprechung durch ZEVEN (1973) wurde es auch für einen nicht deutschsprachigen Leserkreis zugänglich.

## 2.2. Die Methoden der Kulturpflanzenforschung

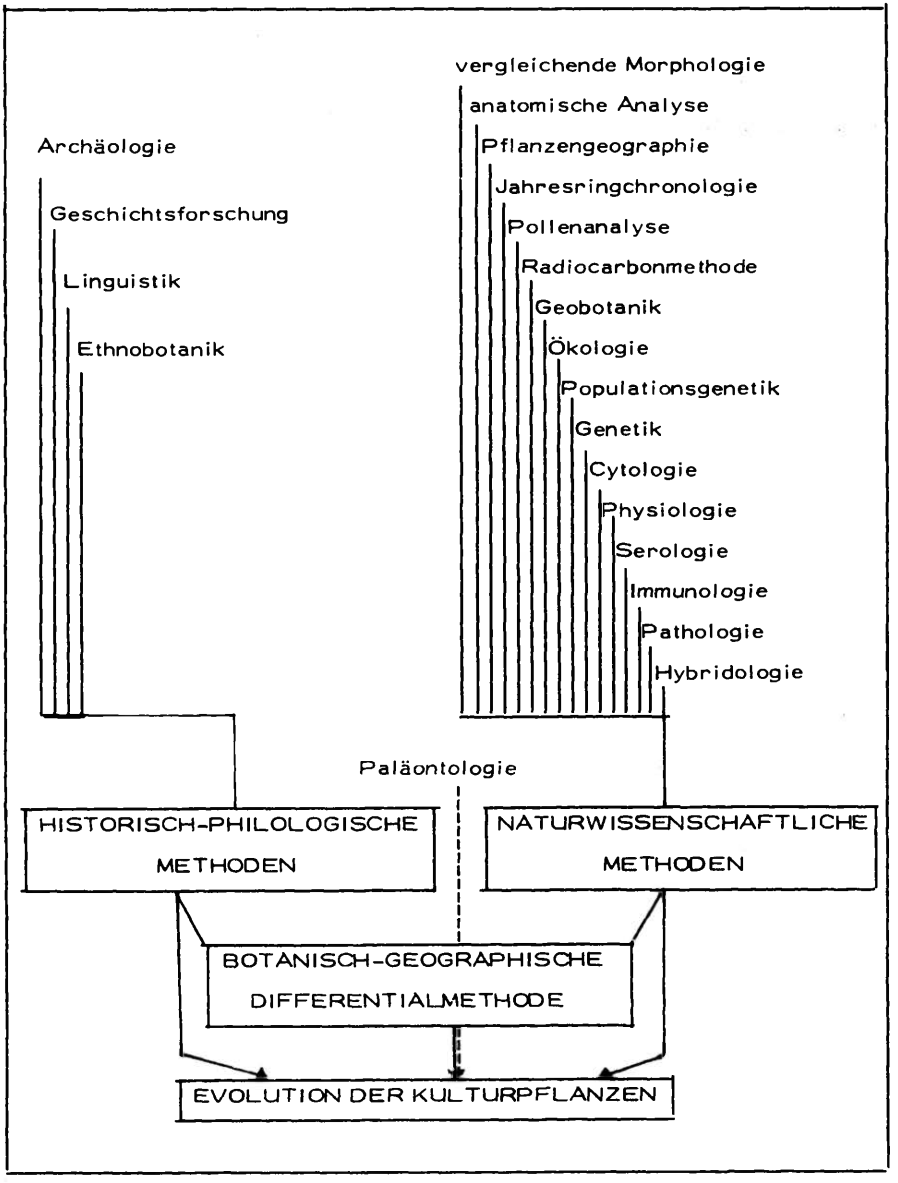
Die Methoden, mit denen die Fragen der phylogenetischen Entwicklung der Kulturpflanzen bearbeitet wurden, wechselten im Lauf der Zeit sehr stark. Dies wurde einmal durch die fortschreitende Entwicklung der Naturwissenschaften überhaupt und zum anderen durch die wechselnden Disziplinen, aus denen die verschiedenen Forscher kamen, bedingt.

Zunächst hatten die geisteswissenschaftlichen Disziplinen wie Archäologie, Geschichte und Linguistik einen großen Anteil an der Erforschung der Herkunft und Entwicklung der Kulturpflanzen gehabt, doch mit der raschen Entwicklung der Naturwissenschaften verloren sie gegenüber den biologischen Verfahren an Bedeutung.

Bereits DE CANDOLLE hatte erwähnt, daß es nicht möglich sei, mit einer Methode allein zum Ziel zu kommen, sondern daß nur durch die Heranziehung der verschiedensten Methoden umfassende Aufschlüsse über die Herkunft der Kulturpflanzen, den Zeitpunkt ihres Evolutionsbeginns sowie den Verlauf dieser Evolution zu erwarten wären. Es ist das besondere Verdienst des russischen Forschers N. I. VAVILOV, der als erster eine Methode entwickelte, in der er systematische, pflanzengeographische, morphologische und genetische Elemente miteinander verknüpfte (s. Übersicht 2, S. 10).

Der Archäologie sind die ältesten Dokumente über die Entstehung der Kulturpflanzen zu verdanken. Materielle Überreste von Pflanzen und Pflanzenteilen in Gefäßen, Sedimenten, Vorratslagern, Speiseresten und Exkrementen sowie bildliche und schriftliche Urkunden, die bei archäologischen Untersuchungen gefunden wurden, geben über das Alter vieler Kulturpflanzen wichtige Aufschlüsse. Zur Bearbeitung dieser vorgeschichtlichen Funde bediente man sich zunächst der morphologisch-systematischen Forschung und der anatomischen Analyse. Durch die Einführung der Jahresringchronologie, der Pollenanalyse und der Radiocarbonmethode ist man dem Ziel einer präzisen Datierung der prähistorischen Pflanzenfunde um eine großes Stück nähergekommen (SCHIEMANN 1932, SCHWANITZ 1967).

Übersicht 2: Methoden der Kulturpflanzenforschung



Durch den Aufschwung, den die Archäologie und besonders die Archäobotanik in den letzten Jahre erlebt hat, liefert gerade diese Disziplin sehr wertvolle Beiträge zu der Frage des Ursprungs der Kulturpflanzen und der Entstehung der Landwirtschaft (s. auch UCKO und DIMBLEBY 1969).

Relativ früh begann auch die Auswertung historischer Quellen zur Klärung der Geschichte unserer Kulturpflanzen. SCHWANITZ (1967) führt eine Reihe von Autoren an, die sich mit antiken und frühmittelalterlichen Quellen eingehend beschäftigt haben. Während sich das Fehlen exakter wissenschaftlicher Pflanzenbeschreibungen in den frühen schriftlichen Quellen sehr negativ auswirkt und es daher zu großen Unsicherheiten kommt, liefern bildliche und plastische Darstellungen wie die Wandgemälde und Plastiken der alten Ägypter, die Rollsiegel der Sumerer, die Götterbilder und Gefäße der alten indianischen Kulturen Mittel- und Südamerikas sowie vor allem die Kräuterbücher des 15. und 16. Jahrhunderts sehr wertvolle Aufschlüsse über die Kulturpflanzen der entsprechenden Perioden. Anhand der Abbildungen und Darstellungen sind Vorstellungen über die Kulturpflanzen jener Zeiten möglich. Auch kann man die Veränderungen, die zwischen der Entstehung der Kulturform aus der Wildart bis zu diesem Zeitpunkt stattgefunden hatten, sowie die Art und das Ausmaß der Veränderungen, die sich seit jener Zeit bei der entsprechenden Kulturpflanze vollzogen haben, verfolgen. Mit dem Ende des Mittelalters werden die Quellen immer reichhaltiger und exakter. Das Zeitalter der großen Entdeckungen bringt dann Berichte über Kulturpflanzen der Tropen in der Alten und besonders in der Neuen Welt, über den Austausch von Kulturpflanzen über Kontinente und ihrer weltweiten Verbreitung, sowie über das Verschwinden alter und das Auftreten neuer Kulturpflanzen (WHYTE 1959, SCHEIBE, 1963, PURSEGLOVE 1965, ALLARD 1966, BRIGGS and KNOWLES 1967). Von da ab lassen sich auch immer besser die Veränderungen verfolgen, die sich bei einer Anzahl von Kulturpflanzen in relativ kurzer Zeit vollzogen haben.

Die Linguistik lieferte wertvolle Beiträge zur Erforschung des Ursprunges und vor allem der Wanderung der Kulturpflanzen, doch auch bei ihr gibt es - genau wie bei den schriftlichen Quellen des Altertums und des Frühmittelalters - keine Sicherheit, daß Name und Pflanze immer miteinander verbunden gewesen sind. Daher sollte man diese beiden Methoden, wie SCHIEMANN (1932) betont, nur zur Bestätigung von Ergebnissen, die auf andere Weise gewonnen wurden, heranziehen.

Der Ethnobotanik sind sehr wichtige Aufschlüsse über die Beziehung des Menschen zur Pflanze, besonders zu Kulturpflanzen, sowie über die Bedeutung der Pflanzenkultur und der Kulturpflanzen für die Entstehung und Weiterentwicklung der menschlichen Kultur zu verdanken. Sie findet heute in den Ländern außereuropäischer Kulturkreise ein

verstärktes Interesse.

Die Paläontologie nimmt eine Mittelstellung zwischen den historischen Disziplinen und den Naturwissenschaften ein. Sie befaßt sich mit der Geschichte der Gesteine, Pflanzen und Tiere vergangener Erdzeitalter. Die Erforschung von Fossilien sowie ihre Sammlung, Beschreibung und Einordnung in ein System wurde erst im 19. Jahrhundert mehr und mehr zu einer Spezialaufgabe, für die dann GOTTHELF FISCHER VON WALDHEIM, HUMBOLDTs Freiberger Studienfreund, 1830 den Begriff "Paläontologie" prägte. Zu dieser Zeit setzte sich nämlich die Erkenntnis durch, daß die fossilen Tier- und Pflanzenreste weder Überbleibsel einer Sintflut noch Phantasiegebilde der Erde, sondern wichtige Verbindungsglieder der gesamten Organismenwelt sind. Nach SCHIEMANN (1932) ist diese Methode jedoch kaum für die phylogenetische Erforschung der Kulturpflanzen verwertbar, da deren Entstehung nur bis ins Diluvium zurückgeht. Doch um die Verbreitung einer Art festzustellen, kann man auf paläontologische Zeugnisse zurückgreifen.

Seit den Zeiten LINNÉs und DARWINs war die Grundlage für jede Systematik die mehr oder weniger große Ähnlichkeit der Organismen. Man versuchte mit Hilfe vergleichender morphologischer Methoden aus äußeren Ähnlichkeiten Verwandtschaften und Zusammenhänge abzuleiten. Die von der systematischen Botanik entwickelten Methoden wurden auch auf die Kulturpflanzenforschung übertragen und es gelang auf diese Weise, die Abstammung einer Reihe von Kulturpflanzen zu ermitteln. Wie schon erwähnt, können morphologisch-systematische Analysen bei archäologischen Funden wichtige Aufschlüsse über Herkunft und Alter der betreffenden Kulturpflanzen geben. In Fällen, wo es nicht immer mit Sicherheit zu erkennen ist, zu welcher Art die betreffenden Kulturpflanzenreste gehören, bedient man sich der Methoden der anatomischen Untersuchung, wie sie von der landwirtschaftlichen Samenkunde und Pharmakologie bereits entwickelt worden war.

Die Pflanzengeographie gehört ebenso wie die vergleichende Morphologie zu den ältesten phylogenetischen Methoden. Ihre Vorgeschichte reicht bis ins 18. Jahrhundert zurück, als die führenden europäischen Mächte zur Lösung von Handels- und Schiffahrtsproblemen Vermessungsreisen zu Wasser und zu Lande ausrüsteten. Neben Ingenieuren und Astronomen begleiteten auch vielseitig gebildete Naturforscher und Ärzte diese Unternehmungen und förderten so die Kenntnisse über die Tier- und Pflanzenwelt der bereisten Gebiete. Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang der 1778 erschienene Reisebericht des englischen Weltumseglers JAMES COOK "Observations made in the course of a voyage round the world", der einen großen Einfluß auf das Lebenswerk ALEXANDER VON HUMBODTs hatte. Die pflanzengeographischen Veröffentlichungen HUMBOLDTs hatten einen enormen

Einfluß auf zahlreiche Forschungsreisende nach ihm, wie z. B. DE CANDOLLE, DARWIN, HAECKEL und VAVILOV, unter dem die Pflanzengeographie einen neuen Aufschwung erlebte. In der zweiten Häfte des 19. Jahrhunderts wurden durch ausgedehnte Expeditionen die letzten unbekannten Gebiete erschlossen sowie die neuerworbenen Kolonien planmäßig durchforscht. Dabei wurde ein umfangreiches Material über Verbreitung, Formenmannigfaltigkeit sowie Wild- und Primitivformen der Kulturpflanzen zusammengetragen, das für das Verständnis der Evolution der Kulturpflanzen besonders wertvoll war, da in diesen Gebieten noch alle Übergangsstadien von der gesammelten über die geschonte zur angebauten Wildpflanze, von der primitiven Kulturpflanze bis zu deren höchsten Entwicklungsstufe nebeneinander zu finden waren.

ERNST HAECKEL prägte später für die Umweltbeziehungen von Tieren und Pflanzen, die HUMBOLDT ja bereits sinngemäß erforscht und beschrieben hatte, den Begriff der "Ökologie". Heute ist diese Forschungsrichtung eine eigene Fachdisziplin, die eine wichtige Rolle im Internationalen Biologischen Programm (IBP) und bei allen Problemen des Artenwandels spielt.

Die phylogenetische Entwicklung der Organismen birgt heute noch eine ganze Reihe von Problemen, an denen die für die Pflanzen weiterentwickelten Spezialdisziplinen wie Geographie, Systematik, Taxonomie, Paläontologie und Physiologie auf ihre Weise arbeiten. Im Mittelpunkt steht dabei die Erforschung größerer Fortpflanzungsgemeinschaften und deren Vererbungs- und Variationsweisen. Diese Disziplinen werden als Populationsgenetik und Geobotanik bezeichnet und drücken auf andere Weise die Wechselbeziehungen aus, die zwischen Lebensgruppen der Pflanzen, Tiere und Menschen und ihrem geographischen, geologischen und klimatischen Biotrop bestehen und die die eigentliche Ursache für die ständig ablaufenden Evolutionsprozesse sind.

Mit der Wiederentdeckung der MENDELschen Vererbungsgesetze im Jahr 1900 entstand die Genetik als eigenes Forschungsgebiet, wodurch die biologischen Methoden in die Kulturpflanzenforschung Eingang fanden. Große Bedeutung kommt dabei den Disziplinen der Cytologie, der Immunitätsforschung, der Serologie und der Mutationsforschung zu. Sie erlauben es in immer stärkerem Maße, Evolutionsprozesse im pflanzenzüchterischen Experiment nachzuvollziehen.

HARLAN (1971) betont, daß die gegenwärtigen Bemühungen, den Ursprung und die Verbreitung der Kulturpflanzen zu ergründen, mehr der Tradition DE CANDOLLEs folgen, da sie versuchen, soviel Beweismaterial wie möglich zusammenzutragen und zu integrieren. VAVILOV war sich zwar durchaus der Schwierigkeiten bewußt, die die Erforschung der Kulturpflanzen und ihrer verwandten Wildformen darstellt, doch seine

Methode war viel zu einfach für dieses komplexe Problem. Daher führt eine Synthese allen verfügbaren Materials heute in vielen Fällen zu Schlußfolgerungen, die sich von denen VAVILOVs wesentlich unterscheiden.

## 2.3. Die Genzentrentheorie VAVILOVs

KUCKUCK (1962) betrachtet N. I. VAVILOV (1887 - 1943) als den eigentlichen geistigen Initiator jener großen weltweiten Tätigkeiten, die heute unter der Bezeichnung "Plant Exploration, Collection und Introduction" zusammengefaßt werden und die eine entscheidende Rolle bei der Ausweitung und Verbesserung der landwirtschaftlichen Kulturen spielen.

Am Institut für Angewandte Botanik in Leningrad führten VAVILOV und seine Mitarbeiter seit etwa 1915 zahlreiche extensive und systematische geographische Forschungen bei einer großen Zahl von Kulturpflanzen durch. Diese Untersuchungen befaßten sich vor allem mit Feld-, Gemüse- und Obstkulturen sowie ihren wilden Verwandten. Aufmerksamkeit wurde dabei besonders der intraspeziären Zusammensetzung bestimmter Pflanzenarten und dem botanischen Studium der variierenden Komposition gewisser LINNÉscher Spezies gewidmet. Als Schlußfolgerung ergab sich, daß die LINNÉschen Arten, einschließlich der Kulturpflanzen, ein mehr oder weniger heterogenes und variables morphologisch-physiologisches System darstellen, dessen Ursprung mit einem speziellen Klima und einem speziellen Areal verknüpft ist.

Durch detailliertes Studium der gesammelten Arten entstand das "Gesetz der homologen Reihen in der erblichen Variabilität" (VAVILOV 1928), das fehlende Glieder im taxonomischen System der Kulturpflanzen und ihrer verwandten Wildformen aufzeigte (VAVILOV 1940/50). VAVILOV führte so das Werk DARWINs weiter, der bereits Parallelvariationen beschrieben hatte. Doch führte er die Untersuchungen dieser Erscheinung als erster an einer großen Anzahl von Kulturformen systematisch durch und berücksichtigte dabei das genetische Element (KUCKUCK, 1962).

Damit wurde das alte Problem der Heimat und des Ursprungs unserer Kulturpflanzen wieder aktuell. Neu war jedoch die konkrete Aufgabe, die dahinterstand, denn VAVILOV verstand darunter "die Feststellung der wirklichen Zentren der Formenbildung der linnéschen Arten, der Mittelpunkte der Mannigfaltigkeit der Rassen, der Varietäten, genauer, der variierenden Merkmale, die Entdeckung der geographischen Mittelpunkte der Konzentrierung der Gene." (VAVILOV 1928, S. 349). Er erkannte klar die praktische Bedeutung der Lokalisierung der Mannigfaltigkeitszentren, nämlich die Möglichkeit, über die pflanzlichen Ressourcen - den in diesen Zentren angehäuften Genvorrat - zu praktischen Selektionszwecken zu verfügen.

VAVILOV ist es zu verdanken, daß die Pflanzenzüchter der Tatsache gewahr wurden, daß die Variabilität der Kulturpflanzen geographisch ungleichmäßig verteilt ist und daß der Hauptteil der genetischen Diversität unserer wichtigsten ackerbaulichen Kulturen geographisch auf relativ wenige begrenzte Areale oder Zentren beschränkt ist (ZOHARY 1970). Er lokalisierte die Ursprungszentren der Formenbildung, indem er das auf den Expeditionen der Jahre 1915 - 1927 zusammengetragene Material mit Hilfe der botanisch-geographischen Differentialmethode analysierte.

Diese Methode setzt sich aus der systematischen Klassifizierung der Formen nach morphologischen und physiologischen Merkmalen, aus hybridologischen, cytologischen und immunologischen Analysen sowie der Erfassung der Gene für bestimmte Charakteristiken zusammen. Für die auf diese Weise ermittelten Arten, Variationen und Gene wird das Verbreitungsareal, wo möglich auch das vergangener Zeiten, als schwierige Verkehrsverhältnisse herrschten, festgestellt. Das gleiche gilt auch für die der betreffenden Kulturpflanze am nächsten stehenden wilden Arten und Varietäten. Die ermittelten Daten werden durch Ergebnisse der Archäologie sowie der Geschichts- und Sprachforschung ergänzt (VAVILOV 1928).

VAVILOV übernahm in seiner botanisch-geographischen Differentialmethode aus der Systematik die Vorstellung, daß der Ursprung einer Gattung oder Art in dem Gebiet ihrer größten Mannigfaltigkeit zu suchen ist, und aus der Genetik, daß sich jede Eigenschaft aus Einzelmerkmalen zusammensetzt, die auf Einzelgenen beruhen und erst in ihrer Gesamtheit den Phänotyp hervorbringen. Indem er nun nicht den Gesamttypus in seiner geographischen Verbreitung betrachtete, sondern das Einzelmerkmal, ließ sich für fast alle Kulturpflanzen, so sehr sie auch heute zu Kosmopoliten geworden sind, ein Gebiet nachweisen, in dem sich ihre Gene häufen und von dem, nach allen Seiten ausgehend, die Zahl der Gene abnimmt. "Das Mannigfaltigkeitszentrum erweise sich als Genzentrum." (SCHIEMANN 1933, S. 269).

In seiner Genzentrentheorie ging VAVILOV davon aus, daß sich verschiedene Gebiete durch eine große Formenmannigfaltigkeit bestimmter Kulturpflanzenarten auszeichnen. Diese Gebiete nannte er Gen- oder Mannigfaltigkeitszentren (Centers of Diversity). Das Gebiet der größten Formenfülle war für ihn zugleich das Entstehungsgebiet einer Art (Center of Origin).

Für diese Entstehungszentren ist nach VAVILOV (1928) nicht nur ein großer Formenreichtum charakteristisch, sondern sie weisen in ihren Zentren auch eine Menge dominierender und endemischer Formen auf. Zur Peripherie hin nimmt zunächst rein mechanisch die Zahl der Konkurrenten/Arealeinheit ab. Außerdem bieten die im Vorwärtsschreiten

sich öffnenden Areale zahlreichere und oft sehr andersartige Existenzbedingungen, so daß die natürliche oder künstliche, bewußte oder unbewußte Auslese in ganz neue Bahnen gelenkt wird. Klima, Boden und auch der Mensch nach seinen Zwecken leiten die Selektion so, daß die abspaltenden Rezessiven, die im Zentrum selbst unter dem Äußeren der dominanten Formen verborgen waren, nicht nur erhalten bleiben, sondern sogar dominieren können (SCHIEMANN 1933).

Eine Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten gestattet es, zwischen primären und sekundären, oft formenreicheren Herden der Formenbildung zu unterscheiden. Pflanzenzüchter können durch Inzucht oder Isolation der Rezessiven eine große Mannigfaltigkeit inmitten primärer äußerer Uniformität erreichen.

Im Zusammenhang mit der Erforschung und Nutzung der in den Genzentren enthaltenen Variabilität ist es auch wichtig zu wissen, ob es sich bei den entsprechenden Arten um primäre oder sekundäre Kulturpflanzen handelt (siehe auch Übersicht 8 und ENGELBRECHT 1916). Primäre Kulturpflanzen wie Gerste, Weizen, Reis, Hirse, Sojabohne, Lein oder Baumwolle entwickelten sich aus der Wildform direkt zur Kulturpflanze, da sie bereits als Sammelpflanzen Eigenschaften besaßen, die dem Menschen nützlich erschienen. Sekundäre Kulturpflanzen dagegen siedelten sich zunächst entweder als Ruderalpflanzen (anthropochore Pflanzen) auf nährstoffreichen Standorten nahe der menschlichen Siedlungen an, wo unter den dort herrschenden optimalen Bedingungen ihre Anbauwürdigkeit erkannt wurde (z.B. Hanf, Mohn, Rhizinus, Kohl, Rüben), oder sie drangen als Unkräuter in die primären Kulturen ein. Dort paßten sie sich durch natürliche Selektion immer mehr den Kulturbedingungen an, bis sie schließlich unter veränderten Selektionsbedingungen über die primären Kulturpflanzen derart dominierten, daß eine Übernahme in die selbständige Kultur unvermeidlich wurde, bedingt durch besondere nutzenswerte Eigenschaften, wie z.B. bei Roggen, Hafer, Wicken, Linsen, Erbsen, Leindotter, Spörgel, Senf u.a. (VAVILOV 1928, 1949/50, SCHIEMANN 1932/1933).

Die Genzentren der primären Kulturpflanzen lassen sich ohne weiteres in der Nähe der ersten menschlichen Hochkulturen lokalisieren. Bei den aus anthropochoren Pflanzen hervorgegangenen Arten dagegen, die ja ständige Begleiter der menschlichen Wohnstätten gewesen sind, ist keine Lokalisierung von Zentren möglich, da ihre Gene sich mit den Lagerstätten der Nomaden, mit der Verbreitung der Völker über weite Flächen und Kontinente verstreuten. Das Sammeln ihrer Gene stellt ein großes Problem dar. Die sekundären Kulturpflanzen wiederum, die sich zu Unkräutern entwickelten, werden in ihren Mannigfaltigkeitszentren selten angebaut. Ihr Genreichtum liegt vielmehr in der Unkrautflora dieser Gebiete (SCHIEMANN 1933). Auch VAVILOV (1928) weist bereits darauf hin, daß die Genzentren dieser Pflanzenarten inmitten anderer Kulturen

gesucht werden müssen.

Nach VAVILOV (1928) liegen die Gebiete der Formenentstehung der meisten Kulturpflanzen meist in Gebirgsregionen, die sich in der alten Welt zwischen 20 und 45° nördlicher Breite erstrecken und die dort an die Wüsten Zentralasiens und die Sahara grenzen. Die Mannigfaltigkeit des Klimas und der Bodenverhältnisse, die Grenzbedingungen Wüste/ Oase schaffen optimale Bedingungen für den Formengestaltungsprozeß.

Weiterhin, so führt VAVILOV (1928) aus, ist der Reichtum an Kulturpflanzen in Höhenlagen zwischen 500 und 2 500 m ü. NN zu finden. Dort sind auch die Anfänge der landwirtschaftlichen Kulturen zu suchen und nicht in den Tälern der großen Flüsse wie Tigris, Euphrat, Indus, Ganges, Nil, Jangtse-Kiang, Amu-Darja und Syr-Darja. Das Studium der Evolution der menschlichen Kultur weist darauf hin, daß sich die ersten menschlichen Heimstätten in Gebirgsgegenden befanden, da diese natürliche Festungen und Isolatoren darstellten und die anfänglichen Kulturen zunächst nur aus kleinen Gruppen bestanden. Die Gründung der Hochkulturen in den Tälern der oben genannten Flüsse war ein sekundärer Prozeß, denn für die anfallenden Arbeiten (z.B. künstliche Bewässerung) war eine umfangreichere gemeinschaftliche Organisation notwendig.

VAVILOV identifizierte zunächst fünf hauptsächliche Entstehungsherde der Kulturpflanzen

1) Südwestasien
2) Südostasien
3) Mittelmeerregion
4) Abessinien und Eritrea
5) Gebirgsregionen Südamerikas und Mexikos

1935 erweiterte er die Anzahl auf 8 (10) Zentren

1) Chinesisches Zentrum
2) Indisches Zentrum
2a) Indo-Malayisches Zentrum
3) Zentralasiatisches Zentrum
4) Nahöstliches Zentrum
5) Mittelmeergebiet
6) Äthiopisches Zentrum
7) Südmexikanisches und Zentralamerikanisches Zentrum
8) Südamerikanisches Zentrum
8a) Chiloe
8b) Brasilianisches und Paraguayanisches Zentrum

Er beschreibt diese Zentren wie folgt (nach VAVILOV 1949/50):

1) Das Chinesische Zentrum ist das älteste und größe unabhängige landwirtschaftliche Zentrum und besteht aus den Gebirgsregionen Zentral- und Westchinas und den angrenzenden Ebenen. Durch den Reichtum seiner endemischen Spezies und das Ausmaß des Gattungen- und Artenpotentials seiner Kulturpflanzen hebt sich das chinesische Zentrum deutlich von den übrigen Genzentren ab. Die wichtigsten Pflanzen der gemäßigten Zone sind Millethirsen, Buchweizen, Sojabohnen und eine Anzahl von anderen Leguminosen. Ferner ist noch eine ungewöhnlich große Zahl von Knollen- und Wasserpflanzen zu nennen, die für China typisch sind, sowie die große Artenzahl der Gattungen Pyrus, Malus und Prunus; auch viele Citrusarten stammen aus diesem Gebiet.

2) Das Indische Zentrum oder besser, das Hindustanische Zentrum, das auch Burma und Assam umfaßt und Nordwestindien ausschließt, steht von seiner Bedeutung und geographischen Ordnung her an zweiter Stelle. Hier ist die Heimat von Reis, Zuckerrohr, einer großen Anzahl von Leguminosen und tropischen Früchten, einschließlich Mango und zahlreicher Citrusarten, zu finden. Die Tatsache, daß das tropische Indien das Ursprungsgebiet des Reises ist, macht es noch bedeutender als das Chinesische Zentrum, obwohl es in der Artenzahl hinter diesem steht.

2a) Das Indo-Malayische Zentrum wird von VAVILOV zusätzlich zum Indischen Zentrum unterschieden und umfaßt den Malayischen Archipel, Sumatra, Borneo und Java sowie die Philippinen und Indochina. Dieses Zentrum ist nur ungenügend erforscht. Hier sind Kulturformen von Früchten mit weltweiter ökonomischer Bedeutung wie die Banane und bestimmte Citrusarten zu finden. Die Wildflora enthält eine große Anzahl nützlicher Pflanzen, die z. T. von holländischen Wissenschaftlern auf Java eingehend studiert wurden.

3) Das Zentralasiatische Zentrum umfaßt ein vergleichsweise kleines Gebiet - Nordwestindien, Afghanistan, die Sowjetrepubliken Tadjikistan und Uzbekistan sowie West-Tian-Shan. Auch die Artenzahl dieses 3. Ursprungszentrums der Kulturpflanzen ist wesentlich geringer als die der ersten beiden. Es hat jedoch eine sehr große Bedeutung, da es die Heimat des Brotweizens ist; auch die Hauptleguminosen wie Erbsen, Linsen, Bohnen etc. haben hier ihren Ursprung.

4) Das Nahöstliche Zentrum umschließt Kleinasien, den Transkaukasus, den Iran und das Hochland von Turkmenistan. Hier ist ein bemerkenswerter Reichtum an kultivierten Weizen zu finden. So zählt VAVILOV neun botanische Arten auf, die in diesem Gebiet endemisch

sind. Kleinasien und der Transkaukasus sind zudem die Heimat des Roggens. Außerdem ist die potentielle Quelle aller morgenländischen Obstsorten in diesem Gebiet konzentriert, es ist die Urheimat der Traube, Birne, Kirsche, Walnuß, Quitte, Mandel, Feige und des Granatapfels; auch viele wichtige Futterpflanzen wie Luzerne und persischer Klee haben ihren Ursprung in diesem Zentrum.

5) Das Mittelmeergebiet zeichnet sich vor allem durch seinen Reichtum an Kulturpflanzen aus, deren Bedeutung nicht so universal ist wie die der Arten in den ersten vier Zentren. Hier ist die Heimat der Olive und des Johannisbrotbaumes. Auch viele Gemüsepflanzen, u. a. auch die Rübe, stammen aus dieser Region, die in dieser Beziehung mit dem Chinesischen Zentrum zu vergleichen ist. Ferner liegt die Heimat vieler Futterpflanzen in diesem Gebiet. VAVILOV betont, daß in diesem Zentrum die Rolle des Menschen in der Selektion besonders deutlich wird, da die hier vorkommenden Früchte und Samen besonders groß sind, während die des Zentralasiatischen Zentrums, das für viele dieser Pflanzen das Primärzentrum darstellt, nur klein sind.

6) Das Äthiopische Zentrum zeichnet sich trotz seines geringen Umfanges durch eine erstaunliche Mannigfaltigkeit aus, besonders bei Weizen und Gerste. Das Brotgetreide Eragrostis abyssinica und die Ölpflanze Guizotia abyssinica sowie eine Reihe von anderen Kulturpflanzen werden nur in diesem Gebiet gefunden.

7) Das Südmexikanische und Zentralamerikanische Zentrum einschließlich der Antillen ist das Primärzentrum des Maises und der ihm sehr nahe verwandten Wildart Teosinte. Ferner haben auch die amerikanischen Bohnen, Kürbisse, Pfeffer und zahlreiche tropische Früchte hier ihre Heimat. Auch die Kultivierung des Kakaos begann in diesem Gebiet, aus dem wahrscheinlich auch die Batate stammt. Trotz seiner räumlichen Begrenztheit zeichnet sich dieses Areal durch eine enorme Formenfülle kultivierter endemischer Pflanzenarten aus, während in Nordamerika dagegen die Landwirtschaft der Vergangenheit und der Gegenwart nur auf eingeführten Sorten basiert.

8) Das Südamerikanische Zentrum umschließt die Gebirgsregionen Perus, Ecuadors und Boliviens. Es zeichnet sich durch seinen besonderen Reichtum endemischer Arten, vor allem an Kartoffeln und seltenen Knollengewächsen, aus.

8a) Nach VAVILOV ist die Insel Chiloe, die vor der Küste Chiles liegt, die Heimat der Kartoffel und einer wilden Erdbeerart.

8b) Im Brasilianisch-Paraguayischen Zentrum haben Erdnuß, Ananas, Kautschuk und Maniok ihren Ursprung.

## 2.4. Erweiterungen und Korrekturen der Genzentrentheorie VAVILOVs

Auf dem 5. Internationalen Vererbungskongreß in Berlin (1927) versuchte N. I. VAVILOV die Entstehung der Ackerbauzentren und der ersten menschlichen Hochkulturen mit der Entstehung der geographischen Genzentren der Kulturpflanzen in Verbindung zu bringen.

Die Genzentrentheorie hatte einen ungeheuer stimulierenden Einfluß auf die Pflanzenzüchtung vieler Länder. Auf zahlreichen Expeditionen wurde neues Tatsachenmaterial zusammengetragen, das zu einer Stützung und Erweiterung bzw. Korrektur oder sogar zur Ablehnung dieser Theorie führte (SCHIEMANN 1932/33, HARLAN 1951, 1971, KUCKUCK 1962, ZHUKOVSKY 1968, BRÜCHER 1969, ZOHARY 1970, PLARRE 1972, KUPZOV 1976). Die wesentlichsten Punkte sollen hier kurz angesprochen werden:

### Lokalisation der Genzentren

Durch die Erfahrungen auf verschiedenen Expeditionen zeigte es sich, daß die genaue Lokalisierung eines Genzentrums zum großen Teil von der Intensität des Sammlers, von der Dichte des Sammelnetzes und der Anzahl der Sammelmuster abhängig ist. So bezweifelt KUCKUCK (1962) die Möglichkeit einer genauen Lokalisierung von Genzentren, denn die Gebiete, die eine Sammelexpedition durchstreifen kann, sind im Vergleich zu der Fläche, die ein Genzentrum einnimmt, relativ gering. Auch ist die Anzahl der Sammelmuster im Vergleich zu der Größe der mit der betreffenden Kulturart bestellten Flächen oft verhältnismäßig klein.

### Voraussetzungen für die Entstehung eines Genzentrums

Auf die Entstehung eines Gen- oder Mannigfaltigkeitszentrums haben außer ökologischen auch anthropogene Faktoren (Einführung von Pflanzen, Kleinparzellenanbau, Zusammentreffen primitiver und moderner Anbautechniken im gleichen Raum) einen entscheidenden Einfluß.

PLARRE (1972) meint, daß das Vorhandensein ökologischer Nischen eine natürliche Voraussetzung für die Entstehung eines Genzentrums oder Mikrozentrums im Sinne HARLANs (1951) bietet. Die Entstehung und Erhaltung der Formenmannigfaltigkeit hängt aber in großem Maße von den anthropogenen Faktoren ab. Von diesen spielten in jüngster Zeit eine spezielle Rolle:

- das Zusammentreffen sehr unterschiedlicher Völkergruppen mit verschiedenen Produktionstechniken, zeitgleich oder in zeitlicher Folge im gleichen Raum;

- Seuchengebiete, die verlassen und neu besiedelt wurden;

- Einwanderung neuer Siedler und Einfuhr neuer Kulturpflanzen.

So liefen auf dem ostafrikanischen Plateau in jüngster Vergangenheit und auch gegenwärtig bei verschiedenen Nahrungspflanzen (Weizen, Mais, Sorghumhirse, Phaseolusbohnen und Erdnuß) und Handelsgewächsen (Baumwolle, Kaffee und Tee) evolutionsgenetische Prozesse ab, die PLARRE (1972) dazu veranlassen, dieses Gebiet als ein sekundäres Genzentrum zu bezeichnen.

Verteilung der Mannigfaltigkeit innerhalb eines Genzentrums

Nach KUCKUCK (1962) ist die Möglichkeit einer kontinuierlichen räumlichen Ausbreitung von einem Zentrum zur Peripherie hin zwar bestechend, aber nicht haltbar, da dabei der anthropogene Faktor vernachlässigt wird. Denn wie die Geschichte vieler Kulturpflanzen zeigt (WHYTE 1958/59, SCHEIBE 1963, HUTCHINSON 1965, PURSEGLOVE 1965), ist es der Mensch, der zu einer Ausbreitung der verschiedenen Populationen über mehr oder weniger große Entfernungen hinweg einen entscheidenden Beitrag geleistet hat. Auch wird die genotypische Zusammensetzung einer Population durch die natürliche und die vom Menschen vorgenommene Auslese sowie durch das Verhältnis dieser beiden Einwirkungen zueinander bedingt (HOFFMANN/MUDRA/PLARRE 1971). Daß die genetische Variation der angebauten Populationen neben anderen Faktoren von der Anbaumethode abhängig ist, zeigt sich z.B. bei Weizen, der - unter gleichen klimatischen Bedingungen - als Bewässerungskultur eine enorme Typenvielfalt hervorbringt, während bei bewässerungsloser Landwirtschaft (dry-farming) ziemlich uniforme Populationen entstehen, aus denen sich auch durch die Selektion von Einzelpflanzen und dem Anbau ihrer Nachkommen unter Bewässerung keine Veränderungen erzeugen lassen. So muß die züchterische Leistung des Menschen in ihrer Auswirkung auf die Vielfalt oder Uniformität in den verschiedenen Regionen des Verbreitungsgebietes ebenfalls als ein wichtiger Gestaltungsfaktor eines Genzentrums berücksichtigt werden. Dies gilt auch dann, wenn die gegenwärtige einheimische Bevölkerung keine züchterischen Tätigkeiten mehr erkennen läßt, wie z.B. in Brasilien, wo jedoch die indianische Urbevölkerung bereits synthetische Sorten in unserem Sinne herstellte (KUCKUCK 1962).

Ursprungs- und Mannigfaltigkeitszentren

Wenn VAVILOV (1928) von den geographischen Genzentren der Kulturpflanzen spricht, läßt er die Wildform außer acht. Von diesen Genzentren ausgehend kommt er zu der Schlußfolgerung, daß diese in engster Beziehung zu der Ackerbaukultur stehen, d.h. die Genzentren sind gleichzeitig die Entstehungszentren der Kulturpflanzen. Diese Tat-

sache trifft jedoch nur in einigen Fällen zu und wurde in anderen widerlegt. Der Begriff "Entstehungszentrum" schließt dann eine "Weiterentwicklung der Kulturpflanzen" mit ein, es ist praktisch ein "Entstehungszentrum neuer Formen" (PLARRE 1972). In den meisten seiner Veröffentlichungen bezieht sich VAVILOV auf die Mannigfaltigkeitszentren (Centres of Diversity) als Ursprungszentren (Centres of Origin), da er davon ausgeht, daß der Ursprungsort einer Kulturpflanzenart in den Gebieten liegen muß, in denen die größte Formenmannigfaltigkeit der entsprechenden Art zu finden ist (ZOHARY 1970).

Konsequenzen dieser Gleichsetzung waren unter anderem, daß bestimmte Wildformen der betreffenden Kulturpflanzen als Ausgangsform für diese abgelehnt wurden, da ihre Mannigfaltigkeitszentren nicht mit denen der Kulturpflanzen identisch waren. So ist z. B. Äthiopien laut VAVILOV Gen- und Entstehungszentrum von Triticum dicoccum und T. durum. Der Wildemmer, T. dicoccoides, der in Vorderasien verbreitet ist, wurde nicht in die phylogenetische Reihe der tetraploiden Kulturweizen gezählt. Sehr früh übte bereits SCHIEMANN (1939) Kritik an dieser Auffassung. Sie bezeichnete Äthiopien nur als ein sekundäres Stauungszentrum (Centre of Accumulation), in das der Emmer von Vorderasien aus gelangt sei. AARONSON fand den ersten Wildemmer 1906 im Gebiet des heutigen Israels, KÖRNICKE erkannte ihn als Vorfahren des Kulturweizens an. OPPENHEIMER untersuchte in neuerer Zeit die Verbreitung und Variabilität des Emmers in Israel. Er fand dabei Hinweise, daß durch eine veränderte Beweidung die Verbreitung des Wildemmers wieder gefördert wird. Diese Untersuchung gibt einen Hinweis auf den dynamischen Charakter von Genzentren, in denen auch heute noch Evolutionsprozesse ablaufen. Heute steht fest, daß der Emmerweizen die Ausgangsform für tetraploide Kulturweizen ist. Doch während die Formenmannigfaltigkeit der Kulturform in Äthiopien und in der Türkei zu suchen ist, befindet sich die der verwandten Wildformen in Palästina und Syrien (PLARRE 1972).

ZOHARY (1970) meint, daß Introgression und Polyploidie das ganze Konzept eines bestimmten Ursprungsgebietes (Place of Origin) komplizieren. Da es sich nicht mehr um einen, sondern um mehrere Vorfahren handelt, lassen sich keine exakt begrenzten Areale mehr bestimmen, in denen die Kulturpflanzenwerdung stattgefunden hat, sondern nur noch verschwommene Übergänge. So schlug bereits 1956 HARLAN die Bezeichnung "diffuse origin" für solche Situationen vor.

Primär- und Sekundärzentren

1939 deutete bereits SCHIEMANN auf die Hauptschwierigkeit in VAVILOVs Vermutung hin, daß das Mannigfaltigkeitszentrum mit dem Ursprungszentrum identisch sei. In vielen Fällen liegt nämlich das Mannig-

faltigkeitszentrum der Kulturpflanzen weit weg von den Gebieten, in denen ihre wilden Verwandten vorkommen.

So ist z. B. das äthiopische Zentrum reich an Kulturformen von Weizen, Gerste, Erbsen, Linsen und Lein, doch sind ihre Wildarten nicht in diesem Gebiet zu finden. Schon SCHIEMANN (1932/1939) wies darauf hin, daß diese Wildformen Tausende von Kilometern entfernt im Mittleren Osten zu suchen sind.

Heute besagen unsere Informationen, daß die meisten dieser Kulturpflanzen im Neolithikum im Mittleren Osten kultiviert worden sind und daß sie lange danach, höchstwahrscheinlich von hamitischen Einwanderen, als Kulturpflanzen nach Äthiopien gebracht worden sind.

So kam es zu einer Unterscheidung zwischen Primärzentren, in denen die Domestizierung stattfand und sich gleichzeitig eine riesige Formenfülle entwickelte, und Sekundärzentren, in die die verschiedenen Arten eingeführt wurden und wo eine größere Vielförmigkeit dieser Arten durch natürliche Mutationen oder Bestardierungen möglich war als in ihren Ursprungszentren.

Gen- und Mikrozentren

VAVILOVs Kennzeichnung der Genzentren als Gebiete, in denen alte und primitive Formen unserer Kulturpflanzen von Völkern mit rückständigen landwirtschaftlichen Methoden in isolierten Gebirgstälern gleichsam wie in Museen konserviert werden, trifft nur auf einige dieser Gebiete zu. Gegenüber dieser statischen Betrachtungsweise hat sich heute vielmehr ein dynamisches Prinzip für die Entstehung eines Genzentrums durchgesetzt. So sind Genzentren, seien sie älteren oder neueren Datums, in Gebirgslagen oder Ebenen, nah oder entfernt von Stätten menschlicher Zivilisation und Kultur lokalisiert, vielleicht auch sekundärer Natur (z. B. Einführung von Kulturpflanzen in neue Kontinente und darauffolgende Entstehung neuer Gebiete mit großer Formenfülle), durch Evolutionsprozesse charakterisiert, die bis zur Gegenwart fortwirken.

HARLAN entdeckte aufgrund ausgedehnter Sammelreisen durch Kleinasien, daß die geographischen Regionen, die VAVILOV als Ursprungs- oder Genzentren bezeichnet hatte, eine besondere Struktur aufwiesen, die er zum Gegenstand seiner Studie "Anatomie of Gene Centres" machte. Er führte darin aus, daß in den als Genzentren bezeichneten Regionen sowohl Gebiete mit einer geringen Varietätenzahl als auch kleine Areale mit einem ungeheueren Reichtum an Varietäten vorkommen. Diese Gebiete mit geringerer geographischer Ausdehnung, auf die sich die Formenfülle (variation pattern) einer Kultur konzentriert, bezeichnet er als "Mikrozentren". Häufig treffen Mikrozentren mehrerer

Kulturpflanzen zusammen. Ihr wesentliches Charakteristikum ist ebenfalls "That evolution is proceesing at a rapid pace now" (HARLAN 1951, S. 101/102).

Mega- und Mikrozentren

1968 fand es P.M. ZHUKOVSKY, ein Kollege N.I. VAVILOVs, aufgrund neuen Beweismaterials für angebracht, VAVILOVs ursprüngliche Zentren zu vergrößern und einige neue hinzuzufügen. Er erweiterte die Zentren zu "Megazentren", was nach HARLANs (1971) Auffassung jedoch eine Verzerrung des Genzentrenkonzepts VAVILOVs bedeutet, da dadurch die Welt lediglich in Regionen eingeteilt wird und sich keine Zentren mehr lokalisieren lassen.

In demselben Artikel diskutiert ZHUKOVSKY auch die Bedeutung der Mikrozentren zahlreicher endemischer Arten in allen fünf Kontinenten für die Evolution der Kulturpflanzen und die Pflanzenzüchtung. Die meisten dieser Pflanzenarten lassen sich ohne große Schwierigkeiten mit verwandten Kulturpflanzen kreuzen. Ihre Evolution beruht auf Mutationen und Hybridisierungen. Den Beweis, daß in diesen Gebieten evolutionäre Prozesse stattfinden, liefern diploide, tri-, tetra-, hexa- und sogar oktoploide Formen dieser endemischen Pflanzenarten.

Die Anfänge des Ackerbaues und ihre Beziehungen zu VAVILOVs Genzentren-Konzept

Eine der Fragen, die in der Diskussion um die Genzentren VAVILOVs mit den stärksten Widerhall findet, ist die, wie, wann und wo der Ackerbau begann und welche Beziehungen zwischen den ersten Zentren des Ackerbaues sowie dden ersten menschlichen Hochkulturen und der Entstehung der geographischen Zentren unserer Kulturpflanzen bestehen. Die evolutionäre und praktische Bedeutung der Domestikation von Pflanzen steht dabei mehr im Mittelpunkt als die besonderen geographischen und historischen Umstände, unter denen sie stattfand.

In vielen Veröffentlichungen zu diesem Thema (HUTCHINSON 1965, HARRIS 1967, HAWKES 1969, HEISER 1969, ZEVEN und ZHUKOVSKY 1975, PICKERSGILL 1977) wurden folgende Probleme angesprochen:

- Fand die Abgrenzung der Arten einer Gattung vor oder während der Domestikation statt?
- Welche Rolle spielen Unkräuter in der Evolution der ihnen verwandten Kulturpflanzen?
- Wie waren die Gebiete beschaffen, in denen die ersten Domestikationen stattfanden?
- Wo bauten die ersten Ackerbauern ihre Pflanzen an?

- Welche Pflanzen wurden für die ersten Domestizierungsversuche benutzt und zu welchen Zwecken wurden sie angebaut?
- Was bedeutet die Einführung von Pflanzen in neue Umgebungen (Habitate, ökologische Nischen) für ihre Evolution?
- Erfolgte zuerst die Domestikation von generativ vermehrten Pflanzen oder die von vegetativ vermehrten?

Was die Frage der Lokalisierung der ersten Ackerbauzentren anbetrifft, so schlug DARLINGTON (1965) zwei Entstehungszentren vor, nämlich

1. den "Fruchtbaren Halbmond" des Nahen Ostens und
2. Mexiko.

Die Forschung der Zukunft müsse jedoch noch zeigen, so meint ZEVEN (in ZEVEN und ZHUKOVSKY 1975), ob es nicht drei Wiegen der Ackerbaukulturen gegeben hat:

1. Ostasien (China und Burma),
2. Naher Osten ("Fruchtbarer Halbmond") und
3. Zentralamerika.

Auch HARLAN beschäftigte sich mit dieser Frage. 1971 sah er sich durch jahrelange Studien in Afrika und Asien dazu veranlaßt, VAVILOVs fundamentales "Zentrenkonzept" für den Ursprung und die Evolution der Kulturpflanzen als ein universelles Phänomen in Frage zu stellen. Aufgrund der verbesserten Techniken der heutigen Kulturpflanzenforschung kam er vielmehr zu der Auffassung, daß die Anfänge des Ackerbaues in drei verschiedenen Gebieten zu suchen sind. In jedem dieser Areale existiert ein System, daß sich aus einem "Ursprungszentrum" (Center) und einem "Nichtzentrum" (Noncenter), in dem die Domestizierungsaktivitäten über weite Flächen verstreut waren, zusammensetzte. Es wird vermutet, daß sich die drei Zentren und ihre entsprechenden Nichtzentren gegenseitig beeinflußten. Wie HARLAN betont, ist der Ursprung der Kulturpflanzen nicht unbedingt in einem Zentrum zu suchen, nocht mußte sich der Ackerbau notwendigerweise in einem Zentrum entwickeln. In seinem Center-Noncenter-Konzept unterscheidet er folgende drei Systeme:

a) ein Zentrum im Nahen Osten und ein Nichtzentrum in Afrika,

b) ein Zentrum in Nordchina und ein Nichtzentrum in Südostasien und im Südpazifik,

c) ein Zentrum in Mittelamerika und ein Nichtzentrum in Südamerika.

Ablehnung der Genzentrentheorie VAVILOVs

Die Genzentrentheorie VAVILOVs fand nicht nur Anerkennung. So lehnte BRÜCHER (1969) die Existenz von Genzentren zwar ab, erkannte aber den Wert der Theorien VAVILOVs an, durch deren Auswirkungen die internationale Pflanzenzüchtung um wertvolle Gene bereichert und das systematisch-taxonomische Studium der Wildformen von Kulturpflanzen in neue Bahnen gelenkt worden war.

Er kritisiert an der Genzentrentheorie u. a.:

- die Vernachlässigung der Bedeutung der Standortmodifikationen (das Phänomen der morphologischen und physiologischen Mannigfaltigkeit innerhalb eines Genzentrums wird automatisch mit genetischer Mannigfaltigkeit gleichgesetzt);

- die Unterschätzung des anthropogenen Einflusses auf die gleichgerichtete Selektion von Parallelvariationen (durch die Domestizierung wird die Entwicklung der verschiedensten Nutzpflanzenarten in parallele Bahnen gelenkt, wodurch es zu einer Anreicherung im Genpool der verschiedensten Cultivare mit physiologisch und morphologisch ähnlich wirkenden Allelen kommt);

- die Unterschätzung des anthropogenen Einflusses auf die Anhäufung dominanter Gene in einem Genzentrum (der Wildtyp einer Kulturpflanze ist meist dominant, da Wildeigenschaften unter natürlichen Bedingungen einen größeren Selektionswert haben; je intensiver die natürliche Auslese wird, umso uniformer wird auch der Wildtyp, da dadurch eine Reduzierung des Allelbestandes erfolgt. Der Reichtum an Biotypen bei Kulturpflanzen ist auf ein vom primitiven Ackerbauern bewußt angehäuftes Mutantenarsenal zurückzuführen);

- die Unterschätzung der entscheidenden Rolle, die den verschiedenen Fortpflanzungssystemen bei den Kulturpflanzen für Variabilität, Ausbreitung und Artbildung zukommt; und

- die Unterbewertung der Abhängigkeit der Kulturpflanzen vom Menschen.

Genzentren als historisches Phänomen

Ein weiterer Aspekt wurde durch KUPZOW (1976) in die Diskussion um die Genzentren eingebracht, der sie als ein temporäres historisches Phänomen ansieht. Die notwendige Bedingung für ihre Entstehung im Anbauzentrum einer Art ist das Fehlen einer Pflanzenzüchtung. Die zahlenmäßige Fülle gewisser Kulturen in verschiedenen Ländern ist das Ergebnis ökonomischer und geographischer Bedingungen, die die Entwicklung einer großen genetischen Variabilität begünstigen. Diese kann

durch langanhaltende kontinuierliche Kultivierung sowie durch mannigfaltige ökologische Bedingungen noch weiter intensiviert werden. Strenge natürliche oder künstliche Selektion dagegen schränkt die Möglichkeiten intraspeziärer Formenfülle ein oder schließt sie total aus.

Heute ist jedoch die Pflanzenzüchtung eine unerläßliche Voraussetzung für eine leistungsfähige Landwirtschaft. So entstehen neue Anbauzentren ohne große genetische Variabilität, alte Mannigfaltigkeitszentren werden zerstört und durch den Anbau weniger hochwertiger Sorten ersetzt. KUPZOW (1976) sagt daher, daß Genzentren heute ein Relikt der Vergangenheit sind, während genetisch verarmte Anbauzentren mit einer geringen Zahl leistungsfähiger Hochzuchtsorten den Bedingungen der modernen Landwirtschaft entsprechen. Diese erzeugt die einzelnen Kulturpflanzen für den Weltmarkt dort, wo es aus ökonomischen Gründen optimal möglich ist.

## 2.5. Die Bedeutung der Arbeit VAVILOVs für die heutige Pflanzenzüchtung

Die vielfache Kritik an der Genzentren-Theorie VAVILOVs bedeutet nicht, wie KUCKUCK (1962) ausdrücklich auf dem 3. Kongreß der EUCARPIA betonte, daß sich VAVILOV zu seiner Zeit wissenschaftlich geirrt hat. Er entwickelte vielmehr einige Ideen und stellte ein dementsprechendes Programm zusammen, auf dessen Basis er ein ungeheueres Tatsachenmaterial zusammengetragen und nach wissenschaftlichen Methoden bearbeitet hat. Mit seiner Theorie konnte er zunächst alle damals bekannten Faktoren sinnvoll erklären und in einen logischen Zusammenhang bringen. Außerdem hatte diese Theorie auch einen "ungeheueren heuristischen Wert" (KUCKUCK, 1962). Sie stimulierte, wie selten eine andere Theorie, viele Gebiete der Wissenschaft, so nicht nur die Pflanzenzüchtung sondern auch die Systematik, die Evolutionsforschung und die Geschichte der Entstehung der Kulturpflanzen. Ihre Bedeutung für die internationale Pflanzenzüchtung erkennen alle Kritiker dieser Theorie an, so z.B. SCHIEMANN (1932/1939), HARLAN (1951/1971), KUCKUCK (1962), ZHUKOVSKY (1968), ZOHARY (1970), PLARRE (1972), die ihr im wesentlichen positiv gegenüberstehen sowie auch BRÜCHER (1969), der sie ablehnt.

## 3. Die Entwicklung der Kulturpflanzenforschung bis zum Konzept der Genbanken

### 3.1. Die Fortsetzung des Werkes von N. I. VAVILOV

Durch seine Pionierarbeit vor über 50 Jahren hat N. I. VAVILOV den Anstoß zu einer systematischen Sammlung und Analyse der Wildarten und primitiven Kulturformen der Kulturpflanzen gegeben. Seit der Entwicklung seiner Genzentrentheorie arbeiteten zahlreiche Wissenschaftler aus aller Welt an der Nutzbarmachung dieser Genreservoire. Wie groß dieser Einfluß ist, soll an einigen Beispielen aus der Sowjetunion, den USA, Deutschland und Japan erläutert werden.

Die letzten Lebensjahre VAVILOVs wurden in zunehmendem Maße von den Angriffen LYSSENKOs und seiner Schule überschattet, die in diesem genialen Forscher einen Agenten der internationalen Konterrevolution und den Vertreter einer bourgeoisen Genetik sahen (BAKHTEYEV 1958, 1968). So wurde VAVILOVs Karriere durch seine Inhaftierung am 6. 8. 1940 und seinen Tod am 26. 1. 1943 vorzeitig beendet. Seine Rehabilitierung erfolgte erst Mitte der 60er Jahre nach dem Sturz LYSSENKOs (LEPPIK 1969). Heute trägt das Allunions-Forschungs-Institut in Leningrad seinen Namen. Durch den Lyssenkismus erfuhr das Werk VAVILOVs und seiner Mitarbeiter in der Sowjetunion nach 1940 zunächst eine längere Unterbrechung. KUCKUCK (1969) vermutet jedoch, daß dadurch kaum Material aus den wertvollen Sammlungen des ehemaligen Institutes für Angewandte Botanik in Leningrad verlorenging. In den letzten Jahren wurde sowjetische Forschung auf dem Gebiet der Pflanzenerforschung aber wieder recht aktiv. Wie BOMMER (1972) berichtet, führte das VAVILOV-Allunions-Forschungsinstitut in den Jahren 1966 - 1970 56 Expeditionen durch, davon 21 außerhalb der Sowjetunion.

Auch die USA, die ja bereits sehr früh die praktische Bedeutung von Saatguteinfuhren und ihrer Nutzung für die Entwicklung der Landwirtschaft erkannt und dafür bereits im 19. Jahrhundert eine wirksame Organisation geschaffen hatten, intensivierten ihre Bemühungen auf dem Gebiet der "Plant Exploration, Introduction and Collection", nachdem VAVILOV die wissenschaftliche Basis dafür geschaffen hatte. So erfolgten von den 150 Sammelreisen, die seit der Einrichtung der "Seed and Plant Introduction Section" im "Department of Agriculture" im Jahre 1898 in den USA gemacht worden sind, allein nach der Begründung des "New Crops - Cooperative Programme" durch die "Research and Marketing Act" im Jahr 1946 mehr als 27 Expeditionen ins Ausland und mindestens 39 innerhalb der USA (WHYTE 1958, BRIGGS and KNOWLES 1967, KUCKUCK 1969, BOMMER 1972).

Neben dem der UdSSR und der USA verdient auch der Beitrag Deutschlands eine besondere Erwähnung, denn bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts wiesen hier TSCHERMAK, BAUR, ROEMER u. a. eindringlich darauf hin, daß die primitiven Landsorten für die Pflanzenzüchtung unbedingt erhalten und gesammelt werden müßten. Der Initiative ERWIN BAURs (1875 - 1933), der die Grundlagen für eine breite Züchtungsforschung schuf, und THEODOR ROEMERs (1883 - 1951), der einer der bedeutendsten Pflanzenzüchter in der 1. Hälfte dieses Jahrhunderts war, ist es zu verdanken, daß Deutschland auch in den Jahren zwischen den beiden Weltkriegen ein Anziehungspunkt für die Erforschung und Nutzung von Wildarten unserer Kulturpflanzen blieb, dessen Impulse weit über die Grenzen des Landes hinaus wirkten. BAUR und seine Mitarbeiter unternahmen zahlreiche Reisen wie z.B. die Expedition nach Kleinasien 1926 oder die nach Südamerika 1930/31. Auch das ERWIN-BAUR-Institut war später häufig direkt oder indirekt an Sammelreisen beteiligt, so vor allem 1935 an der Hindukusch-Expedition unter SCHEIBE und den Unternehmungen in Nordafrika 1937, Palästina 1934 - 38 und Äthiopien 1937. Unter ROEMER wurde das Institut für Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung in Halle weltberühmt. Von dort aus unternahm er auch Studienreisen in die USA (1925), nach Schweden, Rumänien, Ungarn, Holland und in die Sowjetunion. Nach dem 2. Weltkrieg kam die deutsche Mitarbeit auf dem Gebiet der pflanzlichen Ressourcen zunächst zum Erliegen und mußte erst langsam wieder aufgebaut werden. Aus dieser Zeit ist besonders die Arbeit KUCKUCKs und MUDRAs zu erwähnen, die als FAO-Experten im Iran tätig waren. Heute besitzen das in Gatersleben/DDR von STUBBE aufgebaute Institut für Kulturpflanzenforschung und die Genbank in Braunschweig-Völkenrode/BRD einen internationalen Ruf (STUBBE 1959, LEHMANN 1972, 1977, ROMMEL 1974).

Auch in Japan beschäftigt man sich heute sehr mit der Erforschung und Erhaltung der pflanzengenetischen Ressourcen. So unternahmen KIHARA und YAMASHITA 1959 und 1963 zwei große Sammelreisen, die die Gebiete vom Hindukusch bis zum Mittelmeer erfaßten und die wichtiges Material für die Abstammungsforschung der Kulturweizen lieferten. In den Jahren 1962 - 1966 wurden 21 weitere Expeditionen unternommen, um die Mannigfaltigkeit anderer Kulturpflanzen in den Gebieten Asiens, Afrikas und Europas zu erfassen (KIHARA und YAMASHITA 1956, YAMASHITA 1959).

Die Expeditionen, die die verschiedenen Staaten ausrichteten, dienten zunächst folgenden Zielen:

- der Klärung interessierender Abstammungsfragen und
- der Erweiterung der genetischen Basis für die Auslese- und Kombinationszüchtung.

Oft stand die Suche nach Resistenzgenen gegen phytopathologische Pilze im Vordergrund, z.B. gegen Phytophtera infestans bei der Kartoffel auf der von KUCKUCK (1962) erwähnten Expeditionen von BAUR-SCHICK 1930 nach Südamerika.

Dadurch, daß die meisten Schritte zunächst hauptsächlich auf nationaler oder in gewissem Umfang auch auf regionaler Ebene erfolgten, kam es zu folgenden Problemen:

- unzulängliche Lagerung und dadurch Verlust wertvollen Materials und Schwierigkeiten bei der kontinuierlichen Erhaltung von Sortimenten (nach einer Erhebung der FAO befinden sich nur 28 % der existierenden Sammlungen mit ca. 2 Millionen Mustern in Instituten und bei einzelnen Wissenschaftlern in speziellen Lagerungsvorrichtungen - BOMMER 1972);

- Schwierigkeiten bei der vollständigen Erfassung der Repräsentation der verschiedenen Kulturpflanzen in den einzelnen existierenden Sammlungen; Duplikate sind unvermeidlich. Wichtig für die zukünftige Arbeit ist das Erkennen bestehender Lücken, damit sie systematisch gefüllt werden können.

- Die systematische Analyse und Bearbeitung des gesammelten Materials ist von allergrößter Bedeutung für die eigentliche Nutzbarmachung in der Züchtung, genauso wie die Registration und Dokumentation der Ergebnisse, da diese erst durch ihre Ansammlung und Wiederauffindbarkeit größeren Sammlungen ihren Wert und ihre Brauchbarkeit verleihen.

### 3.2. Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen

Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurden sich immer mehr Nationen der großen Bedeutung repräsentativer Sammlungen genetischen Materials für Züchter, Genetiker, Pathologen und Evolutionsforscher bewußt, aber auch der Tatsache, daß die dabei anfallenden Arbeiten und Probleme nur durch eine internationale Zusammenarbeit zu bewältigen sind. Sie versuchten daher auf nationaler oder internationaler Ebene Mechanismen in Gang zu setzen, die bereits bestehenden sowjetischen, amerikanischen und australischen Institutionen ähnelten (WHYTE 1958). Auch begann man, Sammelreisen in internationaler Koordination durchzuführen, wie z.B. die Expedition von HAWKES 1958 nach Mexiko und Zentralmittelamerika, die durch finanzielle Beiträge aus Deutschland, Holland, Dänemark, Schweden und den USA unterstützt wurde. Das gesammelte Material wurde dann unter diese Länder aufgeteilt (KUCKUCK 1962).

Eine Kooperation in weltweitem Ausmaß wurde vor allem durch die Grün-

dung der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ermöglicht. Auf ihre Anregungen hin fand eine Koordinierung der Sammlungs- und Forschungsaktivitäten sowie der Betreuung der Sammlungen statt. Auch wurden die Schwierigkeiten beseitigt, die einem freien Materialaustausch im Wege standen. Für die praktischen Züchter hatten diese Aktivitäten der FAO eine große Bedeutung, denn sie enthoben sie der Probleme der Unterhaltung umfangreicher Sortimente sowie der Bestimmung der Werteigenschaften der verschiedenen Formen. Auch ermöglichte diese internationale Zusammenarbeit die Erfüllung ganz spezieller Wünsche. Ein weiterer wichtiger Beitrag der FAO war die Verbreitung von Informationsmaterial auf diesem Gebiet und die Veröffentlichung von Katalogen, in denen verfügbare Sortimente pflanzengenetischen Materials beschrieben wurden (FAO World Catalogue of Genetic Stocks, World List of Plant Breeders, Plant Introduction Newsletter).

Die FAO befaßt sich bereits seit 1947/48 mit den pflanzengenetischen Ressourcen, da damals das "Sub-Committee on Plant and Animal Stocks" die Organisation einer weltweiten Zentrale für Informationen über genetisches Material, Kooperation in der Pflanzenforschung, Existenz lebender Sammlungen und Beseitigung künstlicher Barrieren bei dem Austausch von pflanzlichen Beständen in Erwägung zog. WHYTE (1958) zählt eine Reihe von Konferenzen und Sitzungen in den 50er Jahren auf, die sich mit der Bedeutung einer internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der "Plant Exploration, Collection and Introduction" befaßten.

Seit Beginn der 60er Jahre entwickelte die FAO eine ganze Reihe von Aktivitäten, denen es zu verdanken ist, daß die Bedeutung der pflanzengenetischen Ressourcen und die Gefahr ihrer zunehmenden Ausrottung mehr und mehr in das Bewußtsein von Wissenschaftlern und Administratoren sowie das einer breiteren Öffentlichkeit gedrungen ist. Ab 1965 erfolgten diese Unternehmungen in enger Zusammenarbeit mit dem IBP (International Biological Programme), das von dem ICSU (International Council of Scientific Unions) zusammengestellt wurde.

Während der Planungsphase des IBPs wurde die Erforschung und Konservierung pflanzlicher Genpools als sehr geeignet für eine Einbeziehung in ein Programm über die "Biological Basis of Productivity and Human Welfare" (IBP 1965) angesehen. Es wurde dann erwogen, diese Arbeit durch entsprechende Komitees und Arbeitsgruppen in Verbindung mit anderen IBP-Aktivitäten in den Mitgliedsstaaten ausführen zu lassen. Dieses Vorhaben erwies sich jedoch rasch als undurchführbar, da neben den wenigen Institutionen - die meisten dazu noch in entwickelten Ländern -, die sich mit der Erforschung und Konservierung befaßten, nur wenig Verständnis für diese Aufgabe vorhanden war. Außerdem fehlte eine finanzielle und versorgende Unterstützung fast völlig. Das IBP

selbst besaß auch keine entsprechende Basis für die organisatorische Aufgabe in dem erforderlichen Ausmaß. Mehr noch, es wurde klar, daß zunächst einmal eine dringende Notwendigkeit für eine Abklärung und Entwicklung der wissenschaftlichen und methodischen Infrastruktur bestand sowie für die Informationen über die Dringlichkeit der Situation, die von Wissenschaftlern, Administratoren und Politikern verbreitet werden sollten. Auf diesem Gebiet lag offensichtlich die Aufgabe des IBP. Durch zunehmende Kontakte zur FAO und dank der Verbindung des IBPs zur Weltwissenschaft gelang es ihm, der wissenschaftliche Arm der FAO zu werden. Gleichzeitig wurde es auch zum Katalysator bei der Durchführung, da es kein Teil der FAO, sondern ihr nur als nichtstaatliche Organisation angegliedert war (FRANKEL and HAWKES 1975 b).

Übersicht 3: Wichtige Aktivitäten der FAO und anderer internationaler Organisationen auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen seit Beginn der 60er Jahre

| | |
|---|---|
| 1961 | First FAO Technical Conference on Plant Exploration and Introduction |
| 1964 | Beginn des IBP |
| 1965 | Beginn der Zusammenarbeit von FAO und IBP |
| 1966 | IBP Gene Pools Committee and FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction Vorbereitungstreffen zur Konferenz 1967 |
| | - Durchführung eines World Survey of Plant Collections |
| 1967 | FAO/IBP Technical Conference on the Exploration, Utilization and Conservation of Plant Genetic Resources |
| 1968 | Errichtung der FAO Unit of Crop Ecology and Genetic Resources |
| 1969 | Eröffnung des International Postgraduate Training Course "Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources" in der botanischen Fakultät der Universität Birmingham |
| 1969 | Third Session of the FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction |
| 1970 | Fourth Session of the FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction |
| 1970 | Veröffentlichung des IBP-Handbuches Nr. 11: Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation (Hrsg.: O.H. FRANKEL und E. BENNETT) |

| | |
|---|---|
| 1971 | Konstitution des CGIAR (Consultative Group of International Agricultural Research) und ihres Beratungskomittees TAC (Technical Advisory Committee) |
| 1971/72 | Durchführung des Surveys "Crop Genetic Resources in their Centres of Diversity" |
| 1972 | März: Treffen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines Konzeptes für das Weltnetz der Genbanken |
| | April: Conference on European and Regional Gene Banks in Izmir/Turkey |
| | Juli: Workshop Meeting on European and Regional Gene Banks in der botanischen Fakultät der Universität Birmingham |
| | UN Conference on Human Environment in Stockholm |
| 1973 | Fifth Session of the FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction |
| 1974 | Konstitution des IBPGR (International Board of Plant Genetic Resources) |
| 1976 | Veröffentlichung von Bibliographien zum Thema der pflanzengenetischen Ressourcen: |
| | a) HAWKES, J.G., J.T. WILLIAMS, J. HANSON: A bibliography of Plant Genetic Resources. IBPGR, Rome/Italy. IBPGR/76/4, 179 S. |
| | b) WILLIAMS, J.T.: A bibliography of Plant Genetic Resources. Supplement. IBPGR, Rome/Italy. IBPGR/76/36, 36 S. |

Quellen: zusammengestellt nach FRANKEL and BENNETT 1970, FRANKEL and HAWKES 1975 b, HONDELMANN 1974, LEHMANN 1977 a, 1977 b

### 3.3. Der Prioritätenwandel in der Behandlung der pflanzengenetischen Ressourcen

Während den Anfängen internationaler Zusammenarbeit im Bereich der pflanzengenetischen Ressourcen lag der Akzent zunächst auf Information und Verfügbarkeit mehr als bei der Bewahrung pflanzengenetischen Materials angesichts drohender Verluste und zunehmender Zerstörung. So empfahl der erste Programmentwurf des IBPs die Erstellung eines Gutachtens über die verfügbaren Kenntnisse der genetischen Variation der Hauptkulturpflanzen sowie ihrer verwandten Wildformen, um die

Gebiete auf dem Globus zu bestimmen, in denen intensive Forschungen und Sammlungen zusätzlichen Genmaterials durchgeführt werden sollten. Die Empfehlungen, die 1961 auf der ersten technischen Konferenz der FAO zum Thema "Plant Exploration and Introduction" gegeben wurden, konnten ebenso nicht dieses Gefühl für die Dringlichkeit der Aufgabe übermitteln, obwohl bereits verschiedene Wissenschaftler erste Warnungen ausgesprochen und auf das allmähliche Verschwinden primitiver Kulturpflanzenarten in einigen der Genzentren hingewiesen hatten (FRANKEL and HAWKES 1975 b). FRANKEL (1970 c) vermutet, daß die erste Warnung dieser Art bereits 1936 von H. V. HARLAN und M. L. MARTINI kam, die darauf hinwiesen," 'that the world will have lost something irreplaceable' should 'the world's priceless reservoir of germ plasm' be destroyed" (S. 470).

Ein Umschwung in dieser Auffassung kam Mitte der 60er Jahre. Er wurde durch verschiedene Ereignisse verursacht:

1) Zahlreiche Wissenschaftler hatten in den verschiedensten Genzentren die Beobachtung gemacht, daß die primitiven Kulturpflanzenformen durch lokal selektierte oder eingeführte Kultivare in zunehmendem Maß verdrängt wurden.

2. Das Interesse an den primitiven Kultivaren und dem ungeheueren Ausmaß der in ihnen enthaltenden Mannigfaltigkeit sowie auch an den verwandten Wildarten wichtiger wirtschaftlicher Kulturen, von denen viele kaum erforscht und genutzt waren, war rapide gewachsen.

3) Während der Vorbereitungen zu der FAO/IBP Konferenz 1967 überprüft die FAO ihre eigene Rolle und Verantwortung auf dem Gebiet der Erhaltung der pflanzengenetischen Ressourcen sowie die Möglichkeit, die nationale und internationale Beteiligung zu intensivieren.

4) Zu dieser Zeit wurde auch die gegenwärtige Verfügbarkeit der pflanzengenetischen Ressourcen überprüft sowie der Stand ihrer Erforschung, Nutzung und Konservierung. Als Konsequenz dieser Studie ergab sich die dringende Notwendigkeit, einen umfassenden Überblick über das gesamte Gebiet zu erhalten (FRANKEL and HAWKES 1974 b).

Diese Verlagerung der Prioritäten durch die Bewußtwerdung der Gefahr, die der pflanzlichen Rohstoffbasis droht, ist wohl die größte Veränderung seit 1961. Der Personenkreis, der um die Erhaltung der pflanzlichen Ressourcen besorgt war, wuchs an, und die Informationen verbreiteten sich über wissenschaftliche Schriften und Artikel in wissenschaftlichen Magazinen hinaus auch in die Massenmedien.

## 3. 4. Die Entstehung und das Konzept des Weltnetzes der Genbanken

Die Erkenntnis, daß die pflanzengenetischen Ressourcen nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, führte dazu, sich mit ihrer Erhaltung auseinanderzusetzen. So wurde bereits auf den beiden FAO-Konferenzen 1961 und 1967 die Errichtung eines globalen Genbankennetzes in Erwägung gezogen und auch das "FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction" diskutierte dieses Thema immer wieder (3. und 4. Sitzung, 1969 bzw. 1970). Die Kräfte und Möglichkeiten der FAO reichten jedoch für die Verwirklichung dieser Aufgabe zunächst nicht aus (FRANKEL 1975).

Erst nachdem sich 1971 bei der Weltbank eine Beratungsgruppe für die internationale Agrarforschung aus Industrieländern, Entwicklungshilfeorganisationen und Privatstiftungen (CGIAR) konstituiert hatte, die von einem aus 13 Wissenschaftlern bestehenden "Technical Advisory Committee" (TAC) wissenschaftlich beraten wird, rückte die Realisierung dieser Pläne näher. Im März 1972 ließ das TAC durch eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe, die sich aus 16 Wissenschaftlern zusammensetzte, in Beltsville/USA einen Vorschlag zu einem Weltnetzwerk von Genbanken zur "Sammlung, Evaluierung und Verbesserung von Pflanzengenreserven" (BOMMER 1972) erarbeiten, der dann auf der Sitzung des TAC im April 1972 befürwortet und daraufhin von der CGIAR zur Finanzierung angenommen wurde.

Inzwischen ist das Weltnetzwerk der Genbanken zu einer eigenständigen Gruppierung im Rahmen der internationalen Agrarforschung, die durch die CGIAR gesteuert wird, geworden. Es ist ein Zusammenschluß der verschiedensten nationalen, regionalen und internationalen Organisationen und Institutionen auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen. Die einzelnen Mitglieder übernehmen entsprechend ihren Möglichkeiten und Interessen Aufgaben und Verantwortungen, die jedoch soweit wie möglich eine Ergänzung zu der Arbeit anderer Mitglieder bilden. Angestrebt wird eine weltweite Beteiligung aller Institute - in Entwicklungsländern und Industrieländern, in Regionen genetischer Mannigfaltigkeit und anderswo, mit Weltsammlungen oder mit lokalen oder speziellen Kollektionen - und Personen, die in irgendeiner Weise zu den Zielsetzungen des Netzwerkes beitragen können. Besondere Aufmerksamkeit wird jedoch der Teilnahme von Institutionen, die in den Mannigfaltigkeitszentren der Kulturpflanzen liegen, gewidmet, da dort das meiste des zu schützenden Materials lokalisiert ist. So hat die von der CGIAR 1972 konzipierte Gliederung, die als globaler Rahmen aufzufassen ist, das in der Übersicht 4 wiedergegebene Aussehen und wird höchstens noch in Details verändert werden. Der wesentliche Bestandteil dieses Konzeptes sind regionale Zentren, die in 10 Regionen, die auf den Genzentren VAVILOVs basieren, an dort bestehenden nationalen

oder internationalen Instituten mit internationaler Unterstützung eingerichtet wurden oder noch eingerichtet werden.

Diese Zentren arbeiten mit bestehenden Organisationen und Institutionen zur Erhaltung von Genmaterial in den entwickelten Ländern eng zusammen (BOMMER 1972, HONDELMANN 1974/75, FRANKEL 1975, MENGESHA 1975, LEHMANN 1977 a).

## 4. Die Errichtung von Genbanken

### 4.1. Die Definition der Genbanken und ihre historischen Vorläufer

Als die ältesten Vorläufer der heutigen Genbanken sind die Botanischen Gärten, von denen die ersten bereits Mitte des 16. Jahrhunderts entstanden, sowie Arboreten und ähnliche Einrichtungen aufzufassen. Nach PURSEGLOVE (1959) waren die ersten Botanischen Gärten Kräutergärten, die in den mittelalterlichen Universitäten angelegt wurden und zur Belehrung der angehenden Mediziner über Anwendung und Identifizierung von Heilkräutern dienten. Den Botanischen Gärten in den Tropen kommt das besondere Verdienst zu, im 19. Jahrhundert den Grundstein für die botanische Forschung in diesen Regionen gelegt zu haben. Bei den verschiedenen Aufgabenbereichen (botanische, gärtnerische, pädagogische) dieser Einrichtungen lassen sich gerade im botanischen Bereich zahlreiche Parallelen zu der Arbeit der Genbanken finden: auch dort beschäftigt man sich mit Sammlung, Identifizierung, Erhaltung, Austausch und Dokumentation pflanzlichen Materials. SCHULTZE-MOTEL (1970) schlug daher vor, daß Botanische Gärten in internationaler Zusammenarbeit zur Erhaltung von Pflanzenarten, die an ihren natürlichen Standorten von der Ausrottung bedroht sind, durch die Errichtung spezieller Konservierungsabteilungen beitragen sollten. 1975 fand eine Tagung in den berühmten Botanischen Gärten von KEW/ Großbritannien statt, auf der man sich mit der Bedeutung Botanischer Gärten als Sammlungen lebender Pflanzen für die Konservierung, die damit verbundene Forschung und die öffentliche Erziehung beschäftigte ("The function of living plant collections in conservation and conservation orientated research and public education"; SCHULTZE-MOTEL 1977).

Mit den vertieften Anstrengungen, die seit Beginn der 60er Jahre zur Erhaltung der natürlichen Formenmannigfaltigkeit der Kulturpflanzen unternommen wurden, entstand auch eine eigene Terminologie für dieses Arbeitsgebiet.

Mit der zunehmenden Anwendung der Kombinationszüchtung interessierten sich die Pflanzenzüchter nicht mehr so sehr für die vollständigen Genotypen der zur Einkreuzung verwendeten lokal selektierten bzw. eingeführten Kultivare, Wildarten oder primitiven Kulturformen, sondern vielmehr für einzelne Gene oder Genkombinationen. Dies führte zu der Entwicklung von Genreservoiren in vielen Ländern. Ihr Wert wurde mit dem fortschreitenden Genverlust in den Ursprungsgebieten dieser Pflanzen mehr und mehr erkannt (BRIGGS and KNOWLES 1967).

Der international gebräuchliche Begriff der "Plant Genetic Resources" entstand erst nach 1964, als man sich in verstärktem Maße mit den

"Genetischen Schätzen" (FRANKEL and HAWKES 1975 b) zu befassen begann. Auch die Bezeichnung der Genbanken (englisch: Gene Bank, Genetic Resource Centre, Germplasm Bank or Germplasm Centre) ist noch ein sehr junger Begriff, obwohl er Tätigkeiten beinhaltet, mit denen sich die Menschheit schon seit Jahrtausenden mehr oder weniger unbewußt beschäftigt hat. So beschreibt WHYTE (1958/59), wie die ersten Pflanzeneinführungen (Plant Introductions) mit der Domestizierung der ersten Nutzpflanzen im Neolithikum begannen. In ihrem weiteren Verlauf wurde generatives und vegetatives Pflanzenmaterial mehr oder weniger zufällig durch Händler, Sklaven, Soldaten, Pilger, Mönche und Emigranten entlang der alten Karawanenwege und Schiffahrtsrouten verbreitet. Die zweite Phase zeichnet sich durch einen Wechsel von diesen mehr oder weniger zufälligen Methoden zu der Planung von Expeditionen zu spezifischen Zwecken aus. Auch erfolgte die Organisation von Institutionen (Plant Introduction Services), die sich um die Erhaltung und Weiterverarbeitung des gesammelten Materials bemühten. In dieser Periode führten die Forscher ihre Arbeit jedoch meist ohne entsprechende vorherige Studien und Planungen aus. Dieses führte zu riesigen Sammlungen, die aber nicht unbedingt ein repräsentatives Muster für die Mannigfaltigkeit einer Art in einer bestimmten Region darstellten. In der heutigen Arbeit der Genbanken dagegen, die man wohl als die dritte Phase dieser Entwicklung bezeichnen kann, wird großer Wert auf eine sorgfältige Vorbereitung von Sammelexpeditionen sowie auf die populationsgenetischen und ökologischen Aspekte der Sammlungen gelegt.

KUCKUCK (1969) erwähnt, daß in den USA die praktische Bedeutung von Saatguteinfuhren und ihre Nutzung für die landwirtschaftliche Entwicklung zwar besonders frühzeitig erkannt und dementsprechend organisiert wurde, daß aber die heute als "Plant Exploration" bezeichnete Tätigkeit nicht auf systematischer Grundlage, sondern nach rein praktischen, kommerziellen Aspekten begann. Erst das Werk VAVILOVs und seiner Mitarbeiter schuf die wissenschaftliche Basis für die Aktivitäten, die heute im internationalen Sprachgebrauch mit "Plantexploration, Plantcollection, Plantintroduction und Gene pool Maintenance" bezeichnet werden.

Heute wird eine Genbank als eine Einrichtung definiert, die sich hauptsächlich mit der Erforschung und/oder Konservierung pflanzengenetischer Ressourcen befaßt. Ihr Konzept geht auf das sowjetische Institut für Angewandte Botanik in Leningrad zurück, das in den 20er Jahren nicht nur zur ersten Genbank wurde, sondern auch heute noch eine der fortschrittlichsten und erfolgreichsten Genbanken darstellt. In ihr werden alle Phasen genetischer Forschungsarbeit von weltweiter Erforschung bis zur extensiven Evaluierung und zur Langzeitkonservierung verkörpert (FRANKEL 1975).

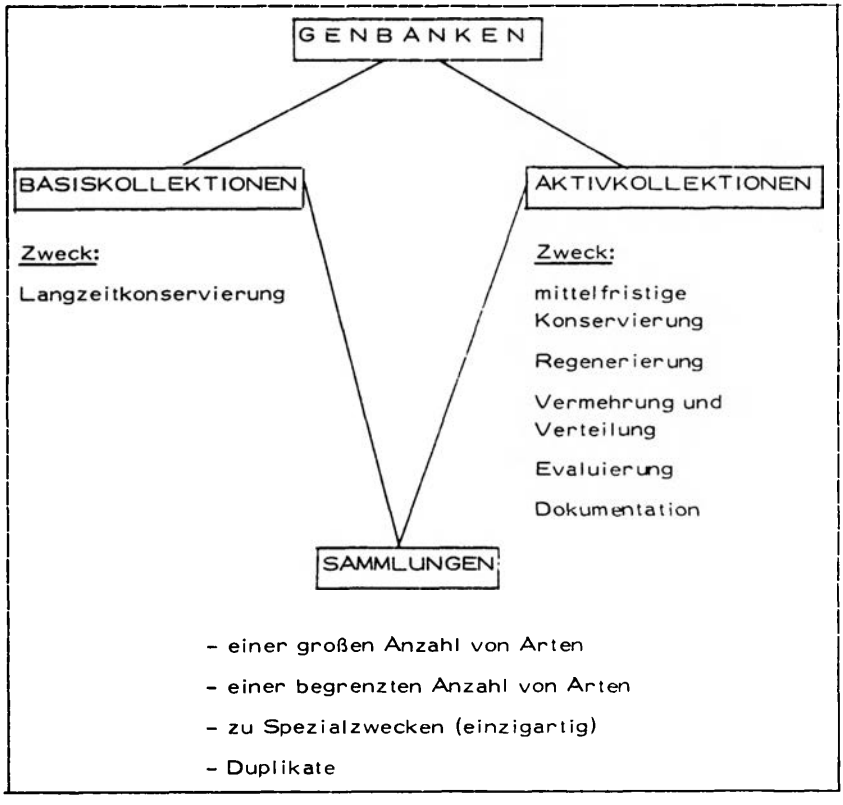
## 4.2. Die Organisation der Genbanken

Bei dem in einer Genbank eingelagerten Material unterscheidet man je nach Verwendungszweck zwischen Basis- und Aktivkollektionen. Ferner ist eine Einteilung der Genbanken nach ihren Richtlinien und ihrer finanziellen Unterstützung in nationale, regionale und internationale Institute möglich.

### 4.2.1. Basis- und Aktivkollektionen

Nach der im Bericht des "FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction" von 1973 vorgeschlagenen Definition umfassen Genbanken entweder eine oder beide der in der Übersicht 5 dargestellten Komponenten.

Übersicht 5: Komponenten einer Genbank sowie Kategorien des eingelagerten Materials




Quelle: zusammengestellt nach FRANKEL 1975

Sowohl Basis- als auch Aktivkollektionen sind für die kontinuierliche Erhaltung und Nutzung von Sammlungen pflanzengenetischen Materials notwendig. Falls sie nicht in einem Institut lokalisiert sind, müssen entsprechende Verbindungen zwischen den verschiedenen Einrichtungen vorhanden sein.

Basiskollektionen stellen folgende Ansprüche an ihre Erhaltung:

1) Es müssen entsprechende Möglichkeiten der Langzeitlagerung, sei es für die Aufbewahrung von Samen oder die Erhaltung vegetativen Materials gegeben sein. Die dabei gesetzten Standards sollten von Zeit zu Zeit überprüft werden.

2) Samen, die in einer Basiskollektion aufbewahrt werden, sollten nicht der Verteilung dienen, da dies eine Funktion der Aktivkollektionen ist.

3) Um das Verlustrisiko zu verringern, ist es ratsam, Duplikate in anderen Basiskollektionen aufzubewahren.

4) Der Umfang des eingelagerten Materials sollte so groß sein, daß er die ursprüngliche Population repräsentiert und daß er den voraussehbaren Ansprüchen genügen kann.

5) Ausgenommen der Duplikate, die unter ähnlichen Bedingungen gelagert werden, sollten periodisch Proben auf die Keimfähigkeit durchgeführt werden.

Basiskollektionen für die Samenkonservierung verlangen zwar beträchtliche Aufwendungen für Ausstattung und Erhaltung, Leitung durch Experten und ein Mitarbeiterteam von entsprechender Größe, das sich mit Empfang und Versand, Keimtests, Berichten und allgemeinen Verwaltungsarbeiten befaßt, doch würde bereits eine kleine Anzahl solcher Kollektionen ausreichen, um das gesamte genetische Material der sich durch Samen vermehrenden Kulturpflanzen zu konservieren. Die Vielfalt des in ihnen aufbewahrten Materials reicht von der Sammlung einer Kulturpflanze, wie z.B. die Reiskollektion des International Rice Research Institute (IRRI) in Los Banos/Philippinen bis zu der Sammlung einer großen Artenzahl wie sie im VAVILOV-Allunionsinstitut in Leningrad/UdSSR oder im Seed Storage Laboratory in Fort Collins/USA zu finden sind.

Basiskollektionen vegetativen Materials bringen eine Reihe technischer, organisatorischer und finanzieller Probleme mit sich. Bis Gewebe- und Meristemkulturen routinemäßig in der Langzeitlagerung verwendet werden können, wird sich nur eine kleine Anzahl von Basiskollektionen mit der Konservierung vegetativen Materials, hauptsächlich von annuellen

oder kurzlebigen Pflanzen, befassen. Doch besteht ein großer Bedarf für die Konservierung vieler Obstbäume und Dauerkulturen, von denen nur wenige in Form von Samen gelagert werden können.

In Aktivkollektionen wird das Material eingelagert, das in laufenden Züchtungsprogrammen oder Forschungsvorhaben verwendet werden soll. Daher sind sie oft Teile einer Institution, die sich mit der Einführung, Züchtung und Sammlung von Pflanzen beschäftigt. Das hat den Vorteil, daß die Evaluierung einer Aktivkollektion entweder von einem multidisziplinären Team oder durch kooperative Zusammenarbeit daran interessierter Institute durchgeführt wird. Aktivkollektionen müssen folgende Voraussetzungen erfüllen (Report der 4. Sitzung des FAO Panels on Plant Exploration and Introduction, 1970):

1) Es müssen entsprechende Möglichkeiten für die Vermehrung und Verteilung pflanzlichen Materials vorhanden sein.

2) Aktivkollektionen müssen eine Quarantänestation enthalten oder mit ihr verbunden sein, damit die Befolgung der Sicherheitsvorschriften bei Eingang und Ausgang der Proben gewährleistet ist.

3) Sie tragen die Verantwortung für die Organisation der Samenregenerierung. Diese sollte in einer Umgebung stattfinden, die derjenigen, aus der das Ursprungsmaterial stammt, so ähnlich wie möglich ist.

4) Eine Aktivkollektion ist außerdem für die Erhaltung von Berichten über Ursprung, Weiterbehandlung, Verteilung und Neuerwerbungen von pflanzengenetischem Material verantwortlich.

Die Arbeitskollektionen von Pflanzenzüchtern, die außerhalb des Rahmens dieses vorgeschlagenen Systems stehen, können jedoch wertvolle Informationen liefern, die in den Berichten über die genetischen Ressourcen erfaßt werden sollten.

### 4.2.2. Nationale, Regionale und Internationale Genbanken

Entsprechend ihren Leitsätzen und den Quellen ihrer finanziellen Unterstützung unterteilt man die Genbanken in nationale, regionale und internationale Einrichtungen. Diese Bezeichnungen wurden vor allem deshalb eingeführt, um die Funktion jüngst errichteter oder vorgeschlagener Genbanken innerhalb der Mannigfaltigkeitszentren zu beschreiben (FRANKEL 1975).

In verschiedenen Staaten stehen die existierenden Genbanken unter nationaler Kontrolle, obgleich sich einige dieser Nationalzentren auf internationaler Ebene mit der Erforschung und dem Austausch sowie als Basiskollektionen mit der Langzeitkonservierung genetischen Materials beschäftigen. Andere wiederum arbeiten eng mit Regionalzentren zusammen, wobei die regionale Genbank das Zentrum eines regionalen Netzwerkes darstellt.

Die Errichtung regionaler Genbanken erfolgt in Gebieten, die besonders reich an genetischen Ressourcen sind. Zu ihrem Aufgabenbereich gehört außer den Tätigkeiten in ihrem eigenen Land die Stimulierung und Organisation kooperativer regionaler Aktivitäten in Bereichen wie Ausbildung, Erforschung und Evaluierung. Sie besitzen meist Vorrichtungen zur Langzeitlagerung von Samen und sind evtl. auch mit einer Datenbank für die ganze Region versehen. Die Grenzen zwischen nationalen und regionalen Genbanken sind fließend.

Die internationalen Kulturpflanzenforschungsinstitute, die unter dem Schutz der Rockefeller- und der Ford Foundation gegründet wurden und die die CGIAR in den letzten Jahren unterstützte, sind als internationale Genbanken bestimmt. Ihre Forschungsaktivitäten erstrecken sich entweder auf eine spezielle Kulturpflanze (z.B. IRRI - Reis) oder auf eine kleine Anzahl von Kulturpflanzenarten.

Trotz dieser Unterteilung der Genbanken in nationale, regionale und internationale Zentren laufen ihre Arbeitsrichtungen weitgehend parallel. Unterschiede bestehen vor allem in den zu berücksichtigenden Pflanzenarten, die für die pflanzenzüchterischen und letztlich auch für die landwirtschaftlichen Belange der einzelnen Staaten z. T. recht verschieden sind (s. Übersicht 4) (BOMMER 1972, 1973, HONDELMANN 1974, 1975, FRANKEL 1975, MENGESHA 1975).

### 4.3. Die Aufgabenbereiche der Genbanken

Nach dem "Beltsville Report" und dem "Bericht des FAO Panel von 1973" schließen die Funktionen einer Genbank entweder einige oder alle der nachstehend aufgeführten Aufgaben ein:

1) Erforschung, Sammlung und Aufarbeitung des Materials sowie Zusammenarbeit mit nationalen Instituten

2) Identifizierung, vorläufige Evaluierung und evtl. Vermehrung des Materials

3) Erste Anpflanzung des eingeführten Materials unter Einhaltung der jeweiligen Quarantänevorschriften

4) Austausch und Verteilung von Material an andere Institute einschließlich der praktischen Pflanzenzüchtung. Gleichzeitig Einführung von Zuchtlinien und verbesserten Kultivaren

5) Erhaltung und Lagerung von Samen und vegetativem Material für die mittelfristige und vor allem für die langfristige Lagerung

6) Dokumentation und Austausch von Informationen mit anderen Genbanken in einer international anerkannten Form

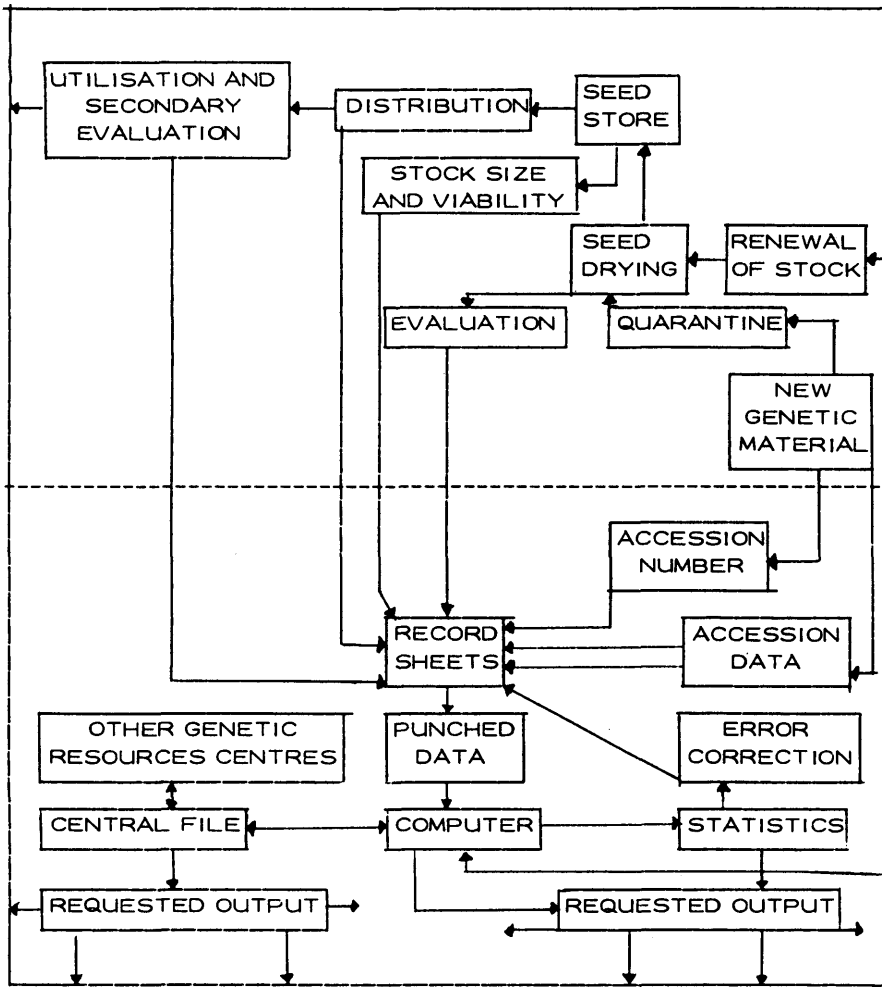
7) Verjüngung des genetischen Materials sofern erforderlich, wo möglich durch nationale, sonst durch regionale Genbanken

8) Organisation und Durchführung von Ausbildungsprogrammen für Genbankenpersonal

9) Identifizierung genetischer Reservate und Organisation ihrer Erschließlung (HONDELMANN 1974, FRANKEL 1975)

Hierbei ist als wichtigster Grundsatz heranzuziehen, daß alle Arbeiten, die die genetischen Ressourcen betreffen - von der Sammlung im Feld bis zur Erhaltung und Regenerierung der Pflanzen -, auf Populationsbasis ausgeführt werden solltten und nicht auf der Grundlage einiger Repräsentanten, die aus dem Populationsmuster selektiert wurden. Noch ist es bei den meisten Pflanzenarten nicht schwierig, eine repräsentative Probe der ursprünglichen Population zu erhalten, vorausgesetzt, daß adäquate Konservierungmethoden angewendet werden und die Umweltbedingungen und die Behandlungetechniken während der Regenerierung so sind, daß die Populationsstruktur nicht zerstört wird (FRANKEL and HAWKES 1975 b).

Übersicht 6: Die Hauptfunktionen von Genbanken (Funktionen, die die Dokumentation betreffen, sind unterhalb der durchbrochenen Linie dargestellt)




Quelle: ROGERS, SNOAD and SEIDEWITZ 1975, in: "Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow"

### 4.3.1. Die Erforschung und Sammlung des genetischen Materials

Die Pflanzenerforschung (plant exploration) hat nach BENNETT (1970) eine doppelte Aufgabe zu erfüllen:

1) die Verfügbarmachung des größtmöglichen Anteils der genetischen Variation der Kulturpflanzen und ihrer verwandten Wildarten und gleichzeitig

2) die Enthüllung des Ausmaßes der Variation, zu dem eine Spezies fähig ist, sowie die Art ihrer ökologischen und geographischen Verteilung.

Die empirische Durchführung der Pflanzeneinführung (plant introduction) und der Nutzung des eingeführten Materials sowie der Pflanzenerforschung, wie sie lange Zeit üblich war, muß heute durch kooperative und systematisch geplante Unternehmungen ersetzt werden, da sie sonst den Anforderungen der Gegenwart nicht mehr entsprechen können (WHYTE 1959, BENNETT 1970).

Als Basis für die Erforschung von Wild- und Primitivformen unserer Kulturpflanzen dient heute der von der FAO organisierte "Survey of Crop Genetic Resources in their Centres of Diversity", der 1971/72 durchgeführt und 1973 von O. H. FRANKEL veröffentlicht wurde. Trotz seiner Unzulänglichkeiten in Umfang und Tiefe - bedingt durch zeitliche, finanzielle und personelle Begrenzungen - macht er doch die Notsituation völlig klar, die in vielen Regionen und bei vielen Kulturpflanzenarten besteht.

Außerdem können zu der Planung der Aktivitäten auf dem Gebiet der Erforschung und Sammlung pflanzengenetischen Materials noch folgende Betrachtungen herangezogen werden, wie es z.B. in der Genbank von Izmir üblich ist:

1) vorhandene Sammlungen, die bereits für verschiedene Kulturen und in zahlreichen Regionen durchgeführt worden sind;

2) Stärke der Bedrohung bzw. des momentanen Fortschrittes der genetischen Erosion;

3) wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Materials, das beim Sammeln berücksichtigt werden soll, sowie

4) die Dringlichkeit pflanzenzüchterischer Bedürfnisse (SENCER 1975).

KRULL und BORLAUG (1970) betonen, daß derjenige, der die Sammlung durchführt, eine Vorstellung von der eventuellen Nutzung des Materials

haben sollte. Sie fordern daher, daß das Expeditionsteam aus Wissenschaftlern der verschiedensten Disziplinen (Systematiker, Cytogenetiker, Pathologen) und aus Leuten mit praktischer Erfahrung in bezug auf die Bedeutung der Bodenfruchtbarkeit, der Wasserzufuhr und der allgemeinen Anbautechniken zusammengestellt werden sollte, damit die Wahrscheinlichkeit vergrößert wird, daß Formen von wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung erkannt und erfaßt werden.

### 4.3.2. Die Behandlung des gesammelten Materials

#### Quarantänebestimmungen

Die Notwendigkeit einer guten Quarantäne haben Importe (Introductions) der Vergangenheit gezeigt, bei denen mit den Pflanzen eine Anzahl verheerender Schädlinge und Krankheitserreger eingeschleppt wurden (BRIGGS and KNOWLES 1967). Auch heute besteht noch diese Gefahr, nicht nur bei Pflanzeneinfuhren zu kommerziellen Zwecken, sondern auch bei allen Einfuhren, die im Zusammenhang mit pflanzengenetischen Sammel- und Konservierungsprogrammen erfolgen. Um ihr zu begegnen, wurden auf internationaler und regionaler Ebene Vereinbarungen getroffen, welche Quarantänebestimmungen bei der Einfuhr von Pflanzen im einzelnen zu beachten sind. Als rechtliche Grundlage dient dabei die Internationale Pflanzenschutz-Konvention (International Plant Protection Convention) von 1951 (FRANKEL 1970 b, KAHN 1970).

Im allgemeinen ist die Einführung von Samen problemloser als die von vegetativem Pflanzenmaterial, da letzteres den Schädlingen und Krankheitserregern eine Vielzahl von Angriffsflächen bietet (BRIGGS and KNOWLES 1967, KAHN 1970).

#### Identifizierung und Klassifizierung

Wenn es nicht bereits vorher erfolgte, findet im Anschluß an die phytosanitären Maßnahmen eine Klassifizierung und Erfassung der Neuzugänge statt (FRANKEL 1970 b). LEHMANN (1972) betrachtet diese Identifizierung der Neuzugänge nach dem taxonomischen Kriterien als Voraussetzung für eine rationale Verwendung der verschiedenen Formen und Herkünfte, die auf zahlreichen Expeditionen zusammengetragen oder im Austausch mit anderen Institutionen erworben wurden. Auch HYLAND (1970) betont, daß die kontrollierte Verwendung genetischen Materials von Wildpflanzen zu einem großen Teil von einer genauen Beschreibung und taxonomischen Identifizierung abhängt, an die sich dann eine umfassende Evaluierung durch entsprechende Fachleute anschließen muß.

Die Vollständigkeit einer solchen Klassifizierung hängt ab von der Anzahl der Neuzugänge, die innerhalb einer bestimmten Zeit beobachtet

werden, der Mannigfaltigkeit der Gattungen und Arten sowie der Verfügbarkeit der entsprechenden Experten.

Als erste Anhaltspunkte für diese Identifizierung dienen die Beobachtungen der Forscher und Sammler, die diese an dem ursprünglichen Standort der Kollektion gemacht haben. Obwohl diese, je nach Interesse des Einzelnen und dem Ziel der Expedition variieren werden, sollte dieser Feldbericht doch folgende Angaben enthalten:

- vorläufige taxonomische Identifizierung
- morphologische Charakteristiken
- Wachstumsstadium, allgemeiner Gesundheitszustand
- Höhen der umgebenden Pflanzen
- Populationsdichte
- Umweltfaktoren wie Höhenlage, Bodenbeschaffenheit, Niederschläge

Zum Zeitpunkt der Sammlung gibt es wenig weitere wichtige Daten mit Ausnahme der Fakten, die für den Beleg der taxonomischen Bezeichnungen erforderlich sind. Die weitere Beschreibung erfolgt während und mit den Evaluierungsprozessen kombiniert, so z.B. wenn die erste Tochtergeneration in der neuen Umgebung geprüft wird.

Vermehrung

Wie FRANKEL (1970 b) ausführt, kann die Notwendigkeit einer Vermehrung jederzeit, nachdem eine Sammlung durchgeführt wurde, entstehen. Sie ist fast immer von einer Anzahl von Problemen, Risiken und Verlusten begleitet - Problemen beim Anbau und der Ernte, Risiken der Verunreinigung oder Infektion oder Verlusten durch natürliche Selektion. Die Art und das Ausmaß dieser Schwierigkeiten wird von folgenden Faktoren bedingt:

1) Größe der Originalprobe: Je größer eine Probe ist, umso leichter lassen sich Tests, Konservierung und Vermehrung durchführen. Jedoch sind Sammlungen von Wildmaterial oft so klein, daß sie bereits für die Konservierung vermehrt werden müssen, oder sie wurden in einem Zustand gesammelt, in dem sie nicht für die Langzeitkonservierung geeignet sind.

2) Reproduktionssystem: Während der Vermehrung ist unbedingt darauf zu achten, daß keine unerwünschten Hybridisierungen stattfinden.

3) Umweltbedingungen: Die Vermehrung des Materials soll an einem Standort stattfinden, der das Überleben und die Vermehrung aller Individuen ermöglicht, die in einer Probe enthalten sind. Einige Wildpflanzen lassen sich sehr schlecht außerhalb ihres natürlichen

Biotops vermehren. Für die Vermehrung muß dann ein Ort gewählt werden, dessen Ökologie weitgehend der des Ursprungsortes entspricht.

4) Phytosanitäre Maßnahmen: Der Schutz vor Pilz-, Bakterien- oder Virusbefall ist bei allen Vermehrungen sehr wichtig und manchmal sogar unbedingt erforderlich.

### 4.3.3. Die Evaluierung des gesammelten Materials

Das in den Genbanken eingelagerte genetische Material wird auf die verschiedenste Weise genutzt. In erster Linie dient es als Rohstoffbasis für die Pflanzenzüchtung; dann beschäftigen sich Untersuchungen der Züchtungsforschung und Studien über die Grundlagen pflanzlicher Stoffproduktion damit. Außerdem steht es Taxonomen, Physiologen, Genetikern, Phytopathologen, Pharmazeuten, Medizinern, Ernährungswissenschaftlern und Vorgeschichtsforschern sowie botanischen Gärten und Museen zur Verfügung (LEHMANN 1972, 1977 a).

FRANKEL (1970 b) beschreibt drei Möglichkeiten, die Wild- und Primitivformen der Kulturpflanzen zu nutzen:

1) Einführungen (Introductions) zum Direktverbrauch: Waldbäume, Weidepflanzen, Medizinal- und Zierpflanzen u.ä. werden auf Anpassungsfähigkeit und ökonomische Eignung wie Produktivität, Qualitätsmerkmale, Wachstumstyp und -rhythmus, Empfindlichkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen geprüft. HYLAND (1970) betont, daß bei diesen Pflanzengruppen genügend Informationen aus den Heimatländern vorhanden sind, die entweder eine direkte Nutzung als Kultivar oder die Einbeziehung ihrer genetischen Mannigfaltigkeit in entsprechende Züchtungsprogramme ermöglichen.

2) Einführungen, die den angepaßten Kultivaren spezielle Merkmale vermitteln, um ihre landwirtschaftliche oder ökonomische Eignung zu verbessern: In diesem Fall ist die allgemeine Anpassung weniger wichtig als der genetische Hintergrund, und es können nachteilige Kombinationen oder nebensächliche Vorteile auftreten. Diese Art der Nutzung ist z.Z. der bedeutendste Weg, in dem Material, das von Primitivformen stammt, für domestizierte Formen verwendet wird, und die einzige Möglichkeit zur Ausnutzung des genetischen Potentials von verwandten Wildformen der Kulturpflanzen. Ihre Evaluierung beinhaltet unter Umständen zahlreiche Untersuchungen von morphologischen und beobachtenden Prüfungen bis zu phytopathologischen, physiologischen und biochemischen Tests.

3) Einführungen, um die Produktivität an sich zu steigern, unabhängig von klimatischen oder biologischen Umweltbedingungen: Die Rolle

dieser Einführungen kann von der Infiltration in adaptierten Genotypen bis zu der kompletten Rekonstruierung der Anpassungsfähigkeit reichen.

Um das genetische Material nutzen zu können, ist eine Evaluierung erforderlich. Die erste der von FRANKEL angeführten Möglichkeiten ist ein Ausnahmefall; bei den meisten Sammlungen von Wild- oder Primitivformen ist das Ziel jeder Evaluierung, potentielle nützliche Mannigfaltigkeit zu entdecken (HYLAND 1970). Dazu erfolgt eine erste Auswertung in Anzuchtbetrieben, gefolgt von einer detaillierten Feldstudie, um Habitus und allgemeines Potential zu charakterisieren. Um spezielle Eigenschaften zu lokalisieren, ist noch eine Anzahl zusätzlicher spezieller Beobachtungen notwendig. Die ersten Versuche finden meist in einer Umgebung statt, die dem ursprünglichen Biotop vergleichbar ist; doch da unter veränderten Voraussetzungen auch andere nützliche Eigenschaften entdeckt werden können, schlagen HYLAND (1970) sowie KRULL und BORLAUG (1970) vor, die Evaluierung an verschiedenen Standorten durchzuführen, falls genügend Material vorhanden ist.

Die meisten Staaten haben sich auf die Evaluierung bestimmter Kulturpflanzen spezialisiert, daher hängt auch die Selektion einer Vermittlungsstelle für die vorläufige Auswertung von den Möglichkeiten ab, die bereits in einem Land existieren. Die verschiedenen Evaluierungsprogramme werden in Zusammenarbeit mit interessierten Instituten und Züchtern sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene zusammengestellt (HYLAND 1970).

KRULL und BORLAUG (1970) weisen darauf hin, daß bei den Evaluierungsversuchen zusätzliche nützliche Eigenschaften auftreten können, die mit den bereits sichtbaren verbunden sind, z.B. neben geringer Lagerneigung eine gute Bestockung. Da diese Möglichkeit bekannt ist, werden auch häufig Nachkommen aus Kreuzungen mit Wildpflanzen nicht ausgemerzt, obwohl sie zahlreiche unerwünschte Merkmale aufweisen. Die oben genannten Autoren kritisieren in diesem Zusammenhang auch die strengen Rückkreuzungsmethoden, durch die bis auf das eine zusätzliche Gen der Ausgangstyp wieder hergestellt wird und andere Gene mit zusätzlichen nützlichen Eigenschaften eliminiert werden und nicht in Erscheinung treten können. Ein weiteres Problem bei der Nutzung ist, daß die erwünschten Eigenschaften häufig mit ungünstigen Merkmalen gekoppelt sind und die Stärke dieser Kopplung viele Züchter entmutigt.

Die Erfolglosigkeit der Nutzung der Formenfülle gegenwärtiger Sammlungen ist zum großen Teil von der Tatsache abhängig, daß derjenige, der die Sammlung durchführte, nicht den potentiellen Wert der neuen Formen zu würdigen wußte und so auch nicht die Aufmerksamkeit entsprechender Wissenschaftler auf sie gelenkt wurde (KRULL and BORLAUG 1970).

### 4.3.4. Die Konservierung und Lagerung des gesammelten Materials

Pflanzliche Sammlungen bestehen entweder aus einzelnen Linien oder Klonen oder aus Populationen, die einen gemeinsamen ökologischen oder genetischen Ursprung besitzen. Sie werden entweder nur in Form lebender Pflanzenbestände erhalten oder diese Anpflanzungen wechseln mit Perioden der Lagerung, meist in Form von Samen, z. T. aber auch als Pollen oder Gewebekulturen (FRANKEL 1970 c).

Die Taktik der Konservierung ist abhängig von der Beschaffenheit des Pflanzenmaterials - Länge des Vegetationszyklus, Reproduktionssystem, ob Unkraut, Wild- oder domestizierte Pflanze - und den Zwecken, zu denen es verwendet werden soll - ob für Forschung, Züchtung oder Einführung vorgesehen - sowie von dem zeitlichen und örtlichen Ausmaß, für das die Konservierung vorgesehen ist.

Wenn das in einer Genbank eingelagerte Material den gestellten Anforderungen über längere Zeiträume gerecht werden soll, müssen zunächst zwei Anforderungen erfüllt werden:

1) Das eingelagerte Material soll in seiner genetischen Konstitution echt sein und echt erhalten werden und

2) von allen Formen und Herkünften müssen jederzeit keimfähige Samen oder anderes Vermehrungsmaterial vorhanden sein.

Die Realisierung dieser beiden Forderungen ist nicht einfach. Die Gefahr einer genetischen Veränderung entsteht einmal durch Vermischungen oder unerwünschte Hybridisierungen bei allzu häufigem Anbau und zum anderen durch unsachgemäße oder zu lange Lagerung des genetischen Materials, wodurch es zu Mutationen und Chromosomenschädigungen kommen kann. Daher ist ein entsprechendes Kontrollsystem von der Aussaat bis zur Einlagerung der aufbereiteten Ernte notwendig, das die Identität und Erhaltung des mit der bestimmten Probe verbundenen, für Forschung und Züchtung wichtigen Merkmalkomplexes gewährleistet und Verwechslungen und Vermischungen sowie unerwünschte Fremdbestäubungen weitgehend ausschließt. Der Gefahr einer genetischen Veränderung während der Lagerung versucht man, durch eine Verbesserung der Konservierungsmethoden und Lagereinrichtungen zu begegnen. Um die zweite der genannten Forderungen zu erfüllen, ist bei generativ vermehrtem Material eine Neuaussaat erforderlich, sobald die Keimfähigkeit absinkt (LEHMANN 1972, 1977 a, SEIDEWITZ 1973 b).

Unter Berücksichtigung der Begrenzungen, die der Verwirklichung dieser Forderungen gesetzt sind, ist es nach FRANKEL (1970 c) ratsam, die zweckmäßigste Konservierungsmethode in einem Kompromiß zwischen technischen, administrativen und ökonomischen Faktoren zu bestimmen.

Dieser Kompromiß sollte jedoch nicht für die technische Eignung der Lagerungsmöglichkeiten gelten, denn in Anbetracht der hohen Kosten, die die Erstellung und Erhaltung einer Sammlung erfordert, sowie des unschätzbaren Wertes, den das in dieser Sammlung enthaltene genetische Potential darstellt, ist es unbedingt erforderlich, die Bedingungen für die Erhaltung dieser Kollektion so optimal wie möglich zu gestalten.

Erhaltungsprobleme

Bei der Erhaltung des gesammelten Materials ergibt sich zunächst einmal das Problem, ob die gesammelten Partien einzeln oder nach Standorten zusammengefaßt bzw. in noch größeren Zusammenschlüssen erhalten werden sollen. Diese Entscheidung hat einen großen Einfluß auf die Maßnahmen während der Sammlung sowie auf die Effektivität der Evaluierung und Bewahrung.

Vielfach wird angenommen, daß es bei der Kühllagerung kleinerer Partien zu einer "statischen" Erhaltung der Variabilität kommt, die zum Zeitpunkt des Sammelns vorhanden war, doch stimmt diese Theorie nicht immer. Hauptfaktoren für den Wechsel sind vor allem:

1) Unterschiedliche Überlebensfähigkeit der verschiedenen Genotypen einer Art während der Lagerung bzw. einige Genotypen keimen nur vor und andere nur nach einer Lagerung;

2) Selektion während der Verjüngung einer Kollektion, denn auch wenn der Anbau unter optimalen Verhältnissen erfolgt, findet eine Selektion statt;

3) Schwierigkeiten, einzelne Partien zu isolieren, besonders bei Fremdbefruchtern;

4) Bei Eingang einer großen Zahl von Partien ist es sehr schwierig, die einzelnen Eingänge als Population begrenzter Größe zu erhalten. Genetische Drift und Generosion führen dann mit der Zeit zur Fixierung bestimmter Allele, die z. T. schädlich sind. Die Vitalität nimmt ab,und die Erhaltungsprobleme vergrößern sich.

Der Vorteil solcher kleiner Partien ist, daß die genetische Mannigfaltigkeit erhalten wird, wenn auch nicht in der ursprünglichen Form. Denn bei einer Sammlung, die aus zahlreichen kleinen Eingängen besteht, werden mit der Zeit alle nichtletalen Gene der Ursprungspopulation in der einen oder anderen Form fixiert.

Durch die Zeitspanne, die Samen maximal aufbewahrt werden können, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren oder genetische Komposition zu verändern, wird die erforderliche Ausstattung der Labors bestimmt.

Je länger diese Zeitspannen sind, umso kleiner sind die Ansprüche des Labors (ALLARD 1970).

Die Vorteile der Massenerhaltung ("Living Collections") sind vor allem die geringen Ansprüche an Laborausstattung und notwendige Kosten sowie die Aussichten auf evolutionären Fortschritt, da die gewährten Selektionsmöglichkeiten zugleich auch eine Gelegenheit für die Eliminierung von Genen darstellen, die in der Umgebung, in der die Population erhalten wird, unerwünscht sind. In der Praxis findet man gerade in diesen Massenreservoiren eine enorme Mannigfaltigkeit, die ALLARD (1970) darauf zurückführt, daß zwar manche Allele bis zu einer sehr niedrigen Häufigkeit reduziert werden, jedoch nur wenige, wenn überhaupt, verlorengehen. Die Erhaltung dieser lebenden Sammlungen in verschiedenen Umgebungen oder der Wechsel des Erhaltungsgebietes verkleinert zudem die Chance, ein vorhandenes Allel zu verlieren. Die Verlustmöglichkeiten lassen sich auch reduzieren, indem ein Teil der Ernte früher gesammelt, kühl gelagert und die Vermehrung auf ein Minimum beschränkt wird.

Der Hauptnachteil der Massenreservoire ist, daß das in ihnen enthaltene Material zu einer amorphen Masse verschmolzen wird und es dadurch unmöglich wird, interessante Eigenheiten zu entdecken und zu studieren. Nach FRANKEL (1970 c) handelt es sich dabei um keine Form der Konservierung, da die genetischen Kombinationen, die bewahrt werden sollten, aufgebrochen und durch den Adaptionsprozeß verändert werden.

Auch ALLARD (1970) betont, daß man sich der Unzulänglichkeiten dieser beiden Extreme bewußt sein und deshalb Kompromisse finden sollte. Dabei gilt jedoch zu berücksichtigen:

1) Sammlungen, die einmal kombiniert wurden, können nie wieder individuell studiert werden und daher sind viele wertvolle Informationen verloren, wenn das Material zu früh zusammengeworfen wird.

2) Eine wachsende Rationalisierung der Partienkombination ist nur möglich, je mehr sich die Informationen über die einzelnen Partien vergrößern.

Daher gilt es, bei der Sammlung des Pflanzenmaterials das Sammelnetz so dicht wie möglich zu ziehen und auch die Kombinierung der Partien solange wie möglich hinauszuschieben.

Lagerung von Samen

Nach HARRINGTON (1970) und auch nach ROBERTS (1975) ist die Lagerung von Samen heute der einfachste und billigste Weg, um die genetischen Ressourcen der Kulturpflanzen zu erhalten. Die Langzeitkonser-

vierung von Samen hat zwei Aufgaben zu erfüllen:

1) Die Samen sollen über längere Zeit gelagert werden, um Kosten Komplikationen und Risiken zu vermeiden, die mit dem Anbau in häufigen Intervallen verbunden sind.

2) Es ist wichtig, daß die gelagerten Samen ein Minimum an genetischer Veränderung zeigen (ROBERTS 1975).

Die idealen Lagerbedingungen variieren je nach Pflanzenart, doch werden sie durch Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Samen und der sie umgebenden Luft sowie dem Sauerstoff- und dem Kohlendioxidgehalt bestimmt. Eine Faustregel HARRINGTONs (1970) besagt, daß sich die Lebensspanne der Samen zwischen 50 °C und 0 °C mit jeder Temperaturerniedrigung um 5 °C verdoppelt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft bestimmt gewöhnlich den Feuchtigkeitsgehalt der Samen. Die Lagerung der Samen sollte nur in reifem Zustand erfolgen, da dann der Wassergehalt am niedrigsten ist. HARRINGTON erwähnt auch, daß bei vielen Samen bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 4 % jedes Prozent Feuchtigkeitsverlust eine Verdoppelung der Lebensdauer bedeutet. Durch den Sauerstoffgehalt der Luft, die die Samen umgibt, wird die Lebensfähigkeit der Samen verringert, während sie sich in einer Kohlendioxid-Atmosphäre erhöht.

ROBERTS (1975) betont dazu auch die Bedeutung der Erhaltung der Keimfähigkeit, da mit ihrem Verlust, egal in welchem Tempo und aus welchen Gründen, stets auch Chromosomenschäden in den überlebenden Samen verbunden sind. Daher ist es notwendig, die Keimfähigkeitsverluste so niedrig wie möglich zu halten und bereits bei einer Keimfähigkeit von 85 - 90 % die Partie wieder nachzubauen. Die Keimfähigkeit der Samen wird durch extreme Umweltbedingungen vor der Ernte oder auch durch Maßnahmen während der Ernte und danach (mechanische Verletzungen der Samen, Zerstörung großer Samen durch zu hohe Trocknungstemperaturen) beeinflußt.

Lagerung von Pollen

Pollen läßt sich unter ähnlichen Bedingungen wie Samen lagern, doch ist die Lebensspanne der Pollenkörner wesentlich geringer als die von Samen. Im Moment ist die Pollenlagerung keine vielversprechende Methode für die Langzeitkonservierung pflanzengenetischer Ressourcen, da außer den Problemen bei der Lagerung auch noch Schwierigkeiten bei der Herstellung des ursprünglichen diploiden Materials bestehen (HARRINGTON 1970, ROBERTS 1975). Wie HARRINGTON (1970) erwähnt, ist die kurzfristige Pollenlagerung vor allem bei Hybridversuchen von Bedeutung, bei denen die Kreuzungspartner unterschiedliche Blühzeiten haben oder geographisch voneinander getrennt sind.

Die Probleme, die bei der Lagerung der Pollenkörner entstehen, gleichen denen der Samenlagerung, doch liegt für die Pollen vieler Arten die untere Grenze der relativen Luftfeuchtigkeit bereits bei 8 - 25 %. HARRINGTON (1970) und ROBERTS (1975) berichten beide von erfolgreichen Pollenlagerungen in flüssigem Stickstoff, flüssiger Luft und unter Vakuum; dies bedeutet eine große Erleichterung für die Verschiffung von Pollen, die Kühlung und Dehydrierung vertragen.

Die Vitalität der Pollenkörner wird entweder in Prozent des Fruchtansatzes oder durch Keimtests auf künstlichen Nährmedien ermittelt, doch stimmen diese Ergebnisse nicht immer mit der tatsächlichen Vitalität überein. Die Gründe für die Alterung der Pollen sind die gleichen wie für die der Samen.

Lagerung von Meristemen

Die Lagerung von pflanzengenetischen Ressourcen in Form von pflanzlichen Geweben bietet nach HENSHAW (1975) und MOREL (1975) folgende Vorteile:

1) Der Platzanspruch ist relativ gering verglichen mit dem bei einer Kultivierung im Feld.

2) Die Erhaltungsprozedur ist relativ einfach und billig (regelmäßiges Nachfüllen des Nährmediums).

3) Das Vermehrungspotenial der Kulturen kann sehr hoch sein.

4) Das Problem der Generosion in den Beständen, das unter Feldbedingungen sehr ernst sein kann, wird weitgehend vermieden.

5) Durch entsprechende Techniken werden pathogenfreie Kulturen erzeugt und auch erhalten.

D'AMATO (1975) betont, daß z. Z. pflanzliche Meristem- und Zellkulturen für die Langzeitkonservierung nur relevant sind, wenn es möglich ist, ihre genetische Stabilität dabei zu bewahren. Diese Forderung ist bis jetzt nur bei Meristemkulturen erfüllt, daher kommt diesen auch eine sehr große Bedeutung für die Erhaltung vegetativ vermehrten Materials zu, besonders bei der Langzeitkonservierung von Klonen ("Mericlones").

Konservierung von kurzlebigen asexuell vermehrten Pflanzen

Kurzlebige, asexuell vermehrte Pflanzen können zwar in einigen Fällen durch Samen reproduziert werden, da aber die Handelssorten sehr heterozygot sind, z.B. bei Kartoffeln und Zuckerrohr, zieht man eine asexuelle Vermehrung im Interesse eines adaptierten Genotyps vor.

Wieder andere Arten zeichnen sich durch sterile Sorten oder geringe Blütenbildung oder Interfertilität aus.

MARTIN (1975) vertritt die Auffassung, daß die Lagerzeit bei vielen tropischen Wurzel- und Knollengewächsen nur auf ein nützliches Minimum, d.h. die Länge eines Wachstumszyklus, gesteigert werden kann, dies ist in den meisten Fällen ein Jahr und evtl. etwas mehr. Die Lebensspanne vegetativer Speicherorgane ist von annuellen Cyclen abhängig, die nur schwer zu verändern sind. Methoden, die diese natürlichen Prozesse hindern sollen, wie z.B. niedrige Temperaturen, veränderte Atmosphäre, chemische Applikationen, Bewässerung und Schädlingsbekämpfung, können diese Vorgänge zwar für eine gewisse Zeit reduzieren und so die Lagerzeit verlängern, jedoch ist dies nicht unbegrenzt möglich.

Die Dokumentation der pflanzengenetischen Ressourcen

Die Anzahl der Informationen über die weltweite Verteilung der Kulturpflanzen, ihre Evolution, Unterteilung, Züchtungssysteme und Ökologie nehmen von Jahr zu Jahr in immer rascherem Tempo zu. Einige von ihnen sind bis ins kleinste Detail erhältlich, während andere nur spärlich vorhanden sind oder nicht veröffentlicht wurden (FINLAY and KONZAK 1970).

Die Bedeutung eines umfassenden Kommunikations- Informations- Dokumentations-Systems (CIDS) wird heute allgemein als eine der Hauptfunktionen im Aufgabenbereich der Genbanken anerkannt (SEIDEWITZ 1973 a, HONDELMANN 1974, HERSH and ROGERS 1975, ROGERS, SNOAD and SEIDEWITZ 1975). Dabei dient die Information über das in den Genbanken eingelagerte Pflanzenmaterial als Grundlage für die Kommunikation zwischen den Mitgliedern des Genbankennetzwerkes.

Wie HONDELMANN (1974) betont, ist ohne verfügbare Angaben über die wichtigsten genetisch-züchterischen Werteigenschaften die botanisch-taxonomische Charakterisierung und die ökologischen Verhältnisse der Herkunftsgebiete keine planmäßige Verwendung des eingelagerten Materials in der Züchtungsforschung und der praktischen Pflanzenzüchtung möglich. Daten werden auch in leicht abgewandelter Form von der Verwaltung der Genbanken zu Berichterstattungen, Planungen und finanzpolitischen Maßnahmen herangezogen. Außerdem können sie auch von Agronomen, Biologen, Pflanzenzüchtern, Genetikern, von Ökonomen, Soziologen und Anthropologen genutzt werden (ROGERS, SNOAD and SEIDEWITZ 1975).

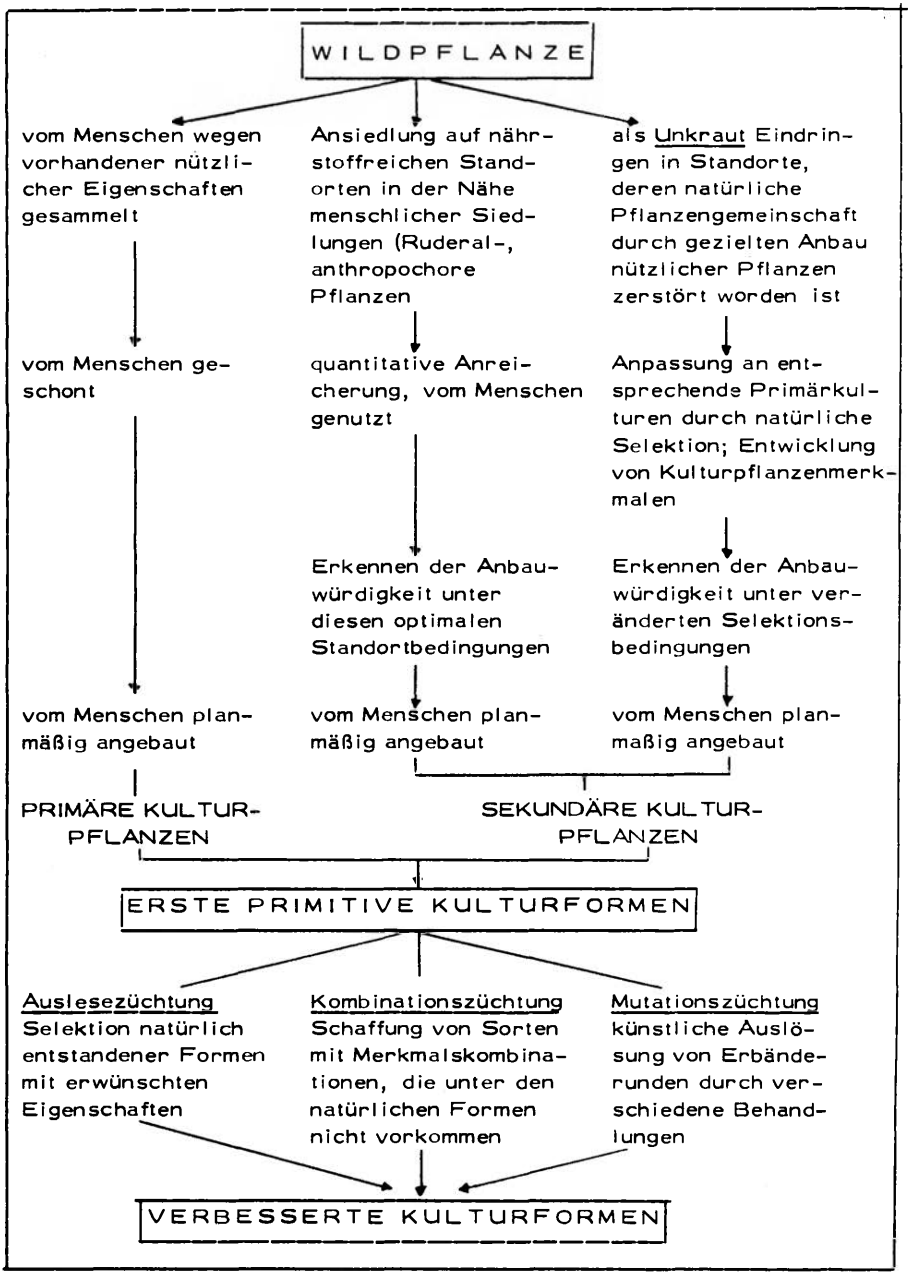
Zur Aufnahme der Daten wurden von der Arbeitsgruppe der FAO/IAEA Formblätter entworfen, die in verschiedenen Abwandlungen in den meisten Genbanken verwendet werden. Sie sind so flexibel angelegt,

daß sie eine Anwendung in allen Arbeitsbereichen der Genbanken ermöglichen.

Wie ROGERS, SNOAD und SEIDEWITZ 1975 berichteten, ist bis zu diesem Zeitpunkt noch keine endgültige Entscheidung über die Errichtung eines weltweiten Informationsnetzes getroffen worden. Die verschiedenen Bemühungen zur Standardisierung der internationalen Dokumentation waren jedoch weitgehend intensiviert worden. Dabei gab auch die Genbank der BRD in Braunschweig-Völkenrode durch ihre Kontakte zu vielen der übrigen Genbanken wichtige Anstöße (BOMMER 1972).

Besonders wichtig für die Datenverarbeitung und den Dokumentationsprozess ist die Aufstellung von sprachlichen Begriffen zur Beschreibung des pflanzlichen Materials. Zu diesem Zweck wurde ein "Thesaurus" entwickelt (SEIDEWITZ 1975), in welchem alle Sprachbezeichnungen aufgeführt sind, die zur Beschreibung bestimmter Kulturpflanzen Verwendung finden können. Diesem "Thesaurus" können die notwendigen Deskriptoren entnommen werden, die in verschiedenen Kombinationen angeordnet werden können. Da der "Thesaurus" schon in andere Sprachen übersetzt wurde, können die Deskriptoren auch computergerecht eingesetzt werden.

Übersicht 8: Die Evolution der Kulturpflanzen durch Pflanzenzüchtung




Quellen: zusammengestellt nach VAVILOV 1928, 1949/50, SCHIEMANN 1932/33, SCHWANITZ 1967, SCHMALZ 1969, MUDRA 1971, ROMMEL 1971

## 5. Die pflanzengenetischen Ressourcen in der Pflanzenzüchtung

### 5.1. Die pflanzengenetischen Ressourcen

Schon VAVILOV (1928) weist auf die Wild- und Primitivformen als Genreserven von allergrößter Bedeutung für die Pflanzenzüchtung hin. Zunächst bereitete allerdings die Verwendung von Wildformen in der Pflanzenzüchtung große Schwierigkeiten, doch mit einer besseren Kenntnis der genomatischen Beziehungen zwischen ihnen und ihren verwandten Kulturformen wurde es möglich, eine ganze Reihe wichtiger Erfolge zu erzielen.

Als Ausgangsmaterial für die Pflanzenzüchtung können folgende Gruppen als pflanzengenetische Ressourcen dienen:

1) Kultivare, die zur Zeit genutzt werden;

2) veraltete Kultivare;

3) spezielles genetisches Material, wie z.B. Resistenzmaterial, induzierte Mutationen und ähnliches;

4) primitive Sorten oder Landrassen;

5) Wildpflanzen und Unkräuter, die mit den Kulturpflanzen verwandt sind.

Während der Vorbereitungen zu der FAO/IBP-Konferenz 1967 wurde u. a. auch eine Studie durchgeführt, die sich mit der Verfügbarkeit dieser oben erwähnten genetischen Ressourcen sowie dem Status und der Organisation ihrer Erforschung, Nutzung und Konservierung befaßte (World Survey of Plant Collections). Dabei ergab sich folgendes:

1) Gegenwärtig genutzte Kultivare oder solche, die bis vor kurzem noch in Gebrauch waren, sind in den verschiedensten Sammlungen enthalten und können in der Regel direkt aus dem Ursprungsland oder über den Samenaustausch der FAO bezogen werden.

2) Veraltete Kultivare oder genetische Bestände zu erhalten, stellt kaum wissenschaftliche oder technische Probleme dar.

3) Spezielles genetisches Material kann der laufenden Forschung entnommen werden.

4) Bei den primitiven Sorten und

5) Wildarten dagegen wurde klar, daß eine Unmenge praktischer und wissenschaftlicher Probleme existieren. So ist diese Art von Ma-

terial nicht ständig verfügbar und bis zu dem Zeitpunkt der genannten Studie war es nur durch wenige bemerkenswerte Ausnahmen in Sammlungen vertreten, die jedoch kaum repräsentativ für eine Region oder Taxa sein konnten. Dazu kommt manchmal noch die ungenügende Klassifikation und Dokumentation und allzuoft auch die Generosion während der Konservierung. Doch auch an ihren natürlichen Standorten sind diese Wildarten und besonders die primitiven Kulturformen von der Ausrottung bedroht.

Bereits durch diese Studie und dann auch durch den Survey "Crop Genetic Resources in their Centres of Diversity", der 1971/72 durchgeführt wurde, wurde eindeutig klar, daß die innerhalb der Jahrtausende angehäufte Formenmannigfaltigkeit nicht mehr unbegrenzt in dieser Weise weiterexistieren würde, sondern an manchen Stellen schon rapide am Verschwinden war (FRANKEL 1970 a, 1975).

## 5.2. Die Ursachen der Generosion und ihre Auswirkungen

In den Mannigfaltigkeitszentren, die ja zum großen Teil in den Entwicklungsländern liegen, hatten die traditionellen Farmer Jahrtausende lang dazu beigetragen, das genetische Material zu konservieren, einmal, indem sie trotz der niedrigen Erträge ihre Kulturen immer wieder nachbauten und das Saatgut ihrer Vorfahren benutzten und zum anderen durch ihre primitiven landwirtschaftlichen Methoden, die eine große natürliche Formenmannigfaltigkeit begünstigten (MENGESHA 1975).

Seit geraumer Zeit bahnen sich in diesen Gebieten jedoch entscheidende Wandlungen in der Landnutzung an oder haben sich bereits vollzogen. Durch sie wurden Produktionsfortschritte zur Sicherung der Ernährung und zur Verbesserung der allgemeinen wirtschaftlichen Lage eingeleitet. Diese dringend notwendige Entwicklung bringt jedoch andererseits das Verschwinden der primitiven Landwirtschaft mit ihren Landsorten, Wild- und Primitivformen mit sich. Die ehemals vorhandene genetische Vielfalt wird durch einige wenige uniforme, aber leistungsfähigere Zuchtsorten abgelöst (FRANKEL 1970 c, MUDRA 1971, HONDELMANN 1974, 1975).

Verschiedene Autoren wie z.B. BOERMA (1970) und KUCKUCK (1972, 1974) betonen, daß dieser Verlust der autochthonen, lokal adaptierten Formenmannigfaltigkeit sowohl aus züchterischer als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht äußerst nachteilig ist; der Pflanzenzüchtung aller Länder geht auf diese Weise wertvolles Material verloren. Durch den Anbau von importierten Hochleistungssorten unter ungenügenden Bedingungen kann es zu schweren Rückschlägen kommen, da sie oft nicht die erwarteten Überschüsse bringen. Wenn dazu die genetische Basis dieser Hochleistungssorten äußerst klein ist, bieten sie die besten Voraussetzungen für einen Befall durch neu entstandene Pathotypen von Krankheitserregern und Schädlingen.

Es müssen alle möglichen Vorkehrungen getroffen werden, um dieser Generosion Einhalt zu gebieten, denn nur, wenn man die an die jeweiligen Umweltverhältnisse adaptierten einheimischen Sorten mit dem Leistungspotential der eingeführten Neuzüchtungen kombiniert, ist es möglich, eine kontinuierliche Verbesserung in der Landwirtschaft dieser Gebiete zu erreichen.

Im Rahmen der weltweiten Aktivierung der Sammlung, Erfassung, Erhaltung, Evaluierung und Dokumentation der pflanzengenetischen Ressourcen bemüht man sich heute auch um eine aktive Beteiligung der Staaten, in denen wichtige Mannigfaltigkeitsregionen der Kulturpflanzen liegen. Während es früher üblich war, daß die Expeditionen das von ihnen gesammelte Material zur Auswertung in ihre Heimatländer brachten, besteht heute eine Tendenz, eine erste vorläufige Sichtung in den sogenannten "Exploration Centers" vorzunehmen, die in den Gebieten liegen, in denen die Sammlungen durchgeführt werden. Von dort erfolgt die Verteilung zur weiteren Bearbeitung an wissenschaftliche Institute und dann weiter an die "Introduction Centers". Dies ist jedoch nur möglich, wenn den Entwicklungsländern durch finanzielle, personelle und technische Unterstützung beim Aufbau einer eigenen Pflanzenzüchtung geholfen wird, so daß sie die Werte der lokal vorhandenen Genreserven ermessen und an ihrer Nutzung teilnehmen können.

Doch auch für die Länder mit einer hochentwickelten Pflanzenzüchtung stellen die Wild- und Primitivformen ein evolutionäres Potential dar, was noch lange nicht ausgeschöpft ist (Übersicht 8). Wenn Pflanzenzüchtung als gelenkte Evolution verstanden wird, führen neue Erkenntnisse der Evolutionsforschung auch zu neuen Erfolgen in der Pflanzenzüchtung.

## 5.3. Die Ziele der Pflanzenzüchtung

Zwischen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung besteht eine enge Wechselbeziehung. So schreibt die pflanzenbauliche Entwicklung zwar die wesentlichen Zuchtziele vor, doch eine bewußte und erfolgreiche Pflanzenzüchtung kann erst dann einsetzen, wenn durch eine verbesserte Bodenkultur der Ausleseerfolg auch praktisch sichtbar und nutzbar gemacht werden kann. Steigende Erträge wiederum erwecken das Interesse der Technik an der Pflanzenproduktion und tragen zur Entwicklung einer leistungsfähigen Landtechnik bei. Pflanzenzüchtung kann deshalb primär als innovierendes Element des Pflanzenbaues betrachtet werden, deren Fortschritte sich dann wiederum sekundär im Pflanzenbau manifestieren und über eine geregelte Saatguterzeugung festgeschrieben werden müssen (FISCHBECK 1970, ROMMEL 1974).

Infolge des ständig wachsenden Bevölkerungsdruckes strebt die Pflanzenzüchtung eine Vergrößerung der Nahrungsquellen an. Dies geschieht ein-

mal durch die Entwicklung von Sorten, die durch ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren produktionsstabilisierend wirken.

Die Erreichung dieser Zuchtziele ist heute weitgehend von der Kulturpflanzenforschung abhängig, die sich besonders in den folgenden Arbeitsgebieten ausdrückt:

- Erforschung der Genzentren und der darin vorkommenden Wild- und Primitivformen der Kulturpflanzen, die Träger pflanzenzüchterisch wichtiger Gene sind;

- cytogenetische Erforschung der Primitiv- und Wildformen in ihren Beziehungen zueinander sowie zu verwandten Kulturformen;

- phytopathologische Forschung zur Erfüllung der Forderung nach resistenten Kulturpflanzensorten.

## 6. Schlußbetrachtung

Der Mensch ist sich durchaus der Symbiose bewußt, die zwischen ihm und den Kulturpflanzen besteht - daß ohne Kulturpflanzen keine menschliche Kultur und Zivilisation denkbar wäre und daß andererseits die Kulturpflanzen ohne menschliches Einwirken nicht überleben könnten, sondern von der natürlichen Selektion ausgemerzt würden. Daher bemüht sich die Pflanzenzüchtung auch um die ständige Neuschaffung von Sorten, die den menschlichen Bedürfnissen immer besser angepaßt sind.

Es wurden die verschiedensten Methoden entwickelt, um die Evolution der Kulturpflanzen zu enträtseln. Bereits HUMBOLDT, DE CANDOLLE, DARWIN und ENGELBRECHT, die sich wohl als erste wissenschaftlich mit der Entstehung der Kulturpflanzen befaßten, suchten nach Erklärungen für die Eigenheiten, die Evolution und die Verbreitung der Kulturpflanzen. In den 20er Jahren dieses Jahrhunderts gab N. I. VAVILOV der Forschung nach dem Ursprungsort der Kulturpflanzen einen neuen Auftrieb. Er entwickelte seine Genzentrentheorie, die als praktischer Hintergrund das Ziel hatte, die in den Genzentren vorhandene natürliche Formenmannigfaltigkeit der Züchtung zugänglich zu machen. Seine Theorie stimulierte nicht nur die Kulturpflanzenforschung allgemein, sondern auch viele damit verwandte Disziplinen. Im Laufe der Zeit kam es daher zu einer Reihe wichtiger Ergänzungen und Korrekturen, aber auch z. T. zur Ablehnung dieser Theorie.

Als man seit Beginn der 60er Jahre in zunehmendem Maße die Notwendigkeit einer internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen erkannte, wurden von internationalen Organisationen sowie von regionalen Verbindungen zahlreiche Versuche unternommen, dieses Ziel zu verwirklichen.

Im Verlauf dieser Bemühungen wurde das Weltnetz der Genbanken gegründet, dessen wichtigste Aufgabe die Erforschung und Erhaltung der genetischen Formenmannigfaltigkeit ist. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die zahlreichen Teilfunktionen dieser Genbanken noch viel effektiver koordiniert und auch in sich verbessert werden.

Die Pflanzenzüchtung, deren Methoden sich in einem immer rascheren Tempo entwickelten, sowie die ständig wachsenden Ansprüche an die Züchtung erfordern die Erhaltung der genetischen Ressourcen für die Zukunft sowie ihre Verfügbarkeit in der Gegenwart. Da diese Notwendigkeit durch eine ständig wachsende Generosion in den Mannigfaltigkeitszentren der Kulturpflanzen und ihrer verwandten Wildarten bedroht ist, kommt der Arbeit des globalen Genbankennetzes eine große Bedeutung zu.

## 7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit gibt zuerst einen Überblick über die Anfänge der Kulturpflanzenforschung und ihrer Methoden, die besonders durch Beiträge von HUMBOLDT, DE CANDOLLE und DARWIN ins Leben gerufen wurde. Später wurde sie noch durch Beiträge ENGELBRECHTs bereichert. Es folgt dann eine kurze Darstellung der wichtigsten Theorien N. I. VAVILOVs, die sich mit der Evolution und den Ursprungsorten, den "Genzentren" der Kulturpflanzen, befaßten.

Durch die Erweiterung wie auch die Kritik an seinen Ideen hatte das Werk VAVILOVs einen enormen Einfluß auf die Entwicklung der Kulturpflanzenforschung. Durch die Benutzung der von ihm aufgezeigten Wege und Möglichkeiten kam es zur Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit bei der Erhaltung der "pflanzengenetischen Ressourcen" und zur Gründung von "Genbanken".

Die Organisation und die Aufgabenbereiche einer Genbank und die damit verbundene Problematik werden im einzelnen beschrieben. Durch die Bereitstellung der von ihnen gesammelten pflanzlichen Gene für die Pflanzenzüchtung werden die Genbanken zu einem wichtigen Hilfsmittel bei der Erforschung und Entwicklung der Kulturpflanzen.

Lehrbücher, Handbücher, Sammelbände


1. ALLARD, R. W., 1966:
   Principles of Plant Breeding. Third Printing.
   John Wiley and Sons, New York, London, Sidney, p. 1 - 50

2. BAUR, E. und HARTMANN, M. (Herausgeber), 1932:
   Handbuch der Vererbungswissenschaften, Band 3,
   Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin, p. 1 - 66
   siehe SCHIEMANN, 1932

3. BRIGGS, F.N. and KNOWLES, P.F., 1967:
   Introduction to Plant Breeding. - Reinhold Publishing
   Corporation, New York, Amsterdam, London, p. 1 - 36

4. CANDOLLE, de, A., 1886:
   Origin of Cultivated Plants. 2nd edition, reprinted by
   Hafner Publishing Company, New York and London, 1967.
   468 S.

5. DARLINGTON, C.D., 1973:
   Chromosome Botany and the Origins of Cultivated Plants.
   Third (Revised) Edition, George Allen and Unwin Ltd., London

6. FRANKEL, O.H. and BENNET, E. (Editors), 1975:
   Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation. IBP Handbook No. 11, first published 1970.
   Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.
   554 S.

7. FRANKEL, O.H. and HAWKES, J.G. (Editors), 1975:
   Crop genetic resources for today and tomorrow. IBP 2.
   Cambridge University Press, London, New York, Melbourne.
   492 S.

8. HOFFMANN, W., A. MUDRA, W. PLARRE, 1971:
   Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen.
   Band 1: Allgemeiner Teil. Verlag Paul Parey, Berlin
   und Hamburg. S. 1 - 22

9. HUTCHINSON, J. (Editor), 1965:
   Essays on Crop Plant Evolution. - The University Press,
   Cambridge, 204 p.

10. KUCKUCK, H., 1972:
    Grundzüge der Pflanzenzüchtung. 4. völlig neu bearbeitete und
    erweiterte Auflage, Sammlung Göschen, Band 7134. Walter
    de Gruyter, Berlin, New York, p. 243 - 252

11. ROEMER, Th. und RUDORF, W. (Herausgeber), 1958:
Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 1:
Grundlagen der Pflanzenzüchtung. -
2. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, p. 1- 54

12. SCHMALZ, H., 1969:
Pflanzenzüchtung - Entwicklung, Stand, Aufgaben. -
2., überarbeitete und erweiterte Auflage.
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, ß. 13 - 21

13. SCHWANITZ, F., 1967:
Die Evolution der Kulturpflanzen. Bayrischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien. 463 p.

14. UCKO, P.J. and G.W. DIMBLEY (Editors), 1969:
The domestication and exploitation of plants and animals.
Gerald Duckworth and Co. Ltd. 581 pp.
see HAWKES 1969

15. ZEVEN, A.C. and ZHUKOVSKY, P.M., 1975:
Dictionary of Cultivated Plants and their Centres of Diversity. - Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 219 p.

## LITERATURVERZEICHNIS


ALLARD, R.W., 1970:
"Problems of Maintenance". In: 1

BACHTEEV, F.Ch. (BAKHTEYEV, F.KH.), 1958:
"Nikolaj Ivanović Vavilov (26.11.1887 - 2.8.1942) zu seinem 70. Geburtstag." Der Züchter, 28. Band, Heft 4, S. 161 - 166

--------, 1968:
"Reminiscences of N.I. Vavilov (1887 - 1942) of the 80. Anniversary of his Birthday." TAG (Theoretical and Applied Genetics), Vol. 38, S. 79 - 84

BENNETT, E., 1970:
"Tactics of Plant Exploration." In: 1

BOERMA, A.H., 1970:
Foreword to Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation. In: 6

BOMMER, D.F.R., 1972:
"Entwicklung und Bedeutung von Genbanken in der Welt und in der Bundesrepublik Deutschland." Saatgutwirtschaft (SAFA), 24. Jg., Nr. 15/16, S. 391 - 194

--------, 1974:
"The gene bank at Braunschweig-Völkenrode." European and Regional Gene Banks. EUCARPIA Proceedings, Izmir/Türkei 10. - 15. 4., Ed. by J.G. HAWKES and W. LANGE, S. 19 - 21

BRÜCHER, H., 1969:
"Gibt es Genzentren?" Naturwissenschaften, 56. Jg., Heft 2., S. 77 - 84

D'AMATO, F., 1975:
"The problem of genetic stability in plant tissue and cell cultures." In: 7

FINLAY, K.W. and C.F. KONZAK, 1970:
"Information Storage and Retrieval." In: 6

FISCHBECK, G., 1970:
"Die Ziele der Pflanzenzüchtung im Spiegel pflanzenbaulicher Entwicklungen." Saatgutwirtschaft 22. Jg., S. 501 - 504

FRANKEL, O.H., 1970 a:
Preface to Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation. In: 6

--------, 1970 b:
"Evaluation and Utilization - Introductory Remarks." In: 6

--------, 1970 c:
"Genetic Conservation in Perspective." In: 6

--------, 1975:
"Genetic resources centres - a co-operative global network." In: 7

FRANKEL, O.H. and HAWKES, J.G., 1975:
"Genetic resources - the past ten years and the next." In: 7

HANNES, D., 1976:
"Mit einem 'optischen Warnsignal' gelagert." Neues Deutschland, 10./11. Juli, 1 S.

HARLAN, J.R., 1951:
"Anatomy of gene centers." The American Naturalist, Vol. 85, No. 821, S. 97 - 103

--------, 1971:
"Agricultural Origins: Centers and Noncenters." Science, 174, S. 468 - 474

HARRINGTON, J.F., 1970:
"Seed and Pollen Storage for Conservation of Plant Gene Resources." In: 6

HARRIS, D.R., 1967:
"New Light on plant domestication and the origins of Agriculture: A review." Geogr. Rev., 57, S. 90 - 107

HAWKES, J.G., 1969:
"The ecological background of plant domestication." In: 14

HAWKES, J.G. and H. LAMBERTS, 1977:
"EUCARPIA's fifteen years of activities in genetic resources." Euphytica, 26. Jg., S. 1 - 3

HEISER, Ch. B., Jr., 1969:
"Some Considerations of Early Plant Domestication."
Bioscience, 19, S. 228 - 231

HENSHAW, G.G., 1975:
"Technical aspects of tissue culture storage for genetic conservation."
In: 7.

HERSH, G.N. and D.J. ROGERS, 1975:
"Documentation and information requirements for genetic resources application." In: 7.

HONDELMANN, W.H.J., 1974:
"Genbanken sichern unsere Ernährung. - Das Weltnetz der Genbanken und die Deutsche Genbank in Braunschweig-Völkenrode."
Umschau, Heft 19, S. 605 - 609

--------, 1975:
"Der Beitrag der BRD zur Sicherung der pflanzengenetischen Ressourcen." Entwicklung und ländlicher Raum, 9. Jg., Heft 2, S. 4 - 6

HYLAND, H.L., 1970:
"Description and Evaluation of Wild and Primitive Introduced Plants."
In: 6.

JAHN, I., 1969:
Dem Leben auf der Spur. Die biologischen Forschungen Alexander von Humboldts. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, S. 143 - 192

KAHN, R.P., 1970:
"International Plant Quarantine." In: 6.

KAPPERT, H., 1958:
"Die natürliche Formenmannigfaltigkeit der Organismen."
In: 11.

KIHARA, H. and K. YAMASHITA, 1956:
"A Summary of the Results of the Kyoto University Scientific Expedition to the Karakoram and Hindukush May . August 1955."
Wheat Information Service No. 3, S. 32 - 35

KRULL, C.F. and N.E. BORLAUG, 1970:
"The Utilization of Collections in Plant Breeding and Production."
In: 6.

KUCKUCK, H., 1962:
"Vavilovs Genzentrentheorie in heutiger Sicht." EUCARPIA, 3. Kongreß der europäischen Gesellschaft für Züchtungsforschung, Paris 21 - 28 Mai, S. 177 - 196

--------, 1969:
"Probleme der Erhaltung der natürlichen Formenmannigfaltigkeit und ihre Nutzung in der Züchtung." Saatgutwirtschaft, 21. Jg., Nr. 5, S. 195 - 199

--------, 1972:
"Pflanzenzüchtung in den Entwicklungsländern. Plantintroduction. Erhaltung der natürlichen Formenmannigfaltigkeit." In: 10.

--------, 1974:
"Bedeutung der Nutzung, Erhaltung und Weiterentwicklung der natürlichen genetischen Formenmannigfaltigkeit für die Pflanzenzüchtung - eine Beitrag zur 'Grünen Revolution'." Naturwissenschaftliche Rundschau, 27. Jg., Heft 7, S. 267 - 172

KUPZOW, A.J., 1976:
"Basic Loci in Cultivation of Certain Crops in the Past and Modern Times." TAG (Theoretical and Applied Genetics), Vol. 48, No. 5, S. 209 - 215

LEHMANN, CH. O., 1972:
"Das Kulturpflanzenweltsortiment des Zentralinstitutes für Genetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben, ein Genreservoir für die Pflanzenzüchtung in der DDR." Arch. Züchtungsforschung, Band 2, H. 2, Berlin. S. 109 - 127

--------, 1977 a:
"Genetische Ressourcen der Kulturpflanzen - Das Kulturpflanzenweltsortiment in Gatersleben. -" Wissenschaft und Fortschritt, 27. Jg., Heft 3, S. 130 - 135

--------, 1977 b:
Persönliche Mitteilungen

LEPPIK, E.E., 1969:
"The Life and Work of N. I. Vavilov." Econ. Bot. 23, S. 128 - 132

MARTIN, F.W., 1975:
"The storage of germplasm of tropical roots and tubers in the vegetative form." In: 7.

MENGESHA, M.H., 1975:
"Crop germplasm diversity and resources in Ethiopia." In: 7.

MOREL, G., 1975:
"Meristem culture Techniques for the long-term storage of cultivated plants." In: 7

MUDRA, A., 1964:
"Aufgaben und Möglichkeiten der Pflanzenzüchtung in Entwicklungsländern - gezeigt an Beispielen aus Iran -." Zeitschrift für ausländische Landwirtschaft 3, S. 3 - 15

--------, 1971:
"Züchtung, Saatgut und Feldversuchswesen." In: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Hrsg. P. v. BLANCKENBURG und H.D. CREMER. Band 2: Pflanzliche und tierische Produktion in den Tropen und Subtropen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 651 - 159

PICKERSGILL, B., 1977:
"Taxonomy and the origin and evolution of cultivated plants in the New World." Nature, Vol. 268, August, S. 591 - 595

PLARRE, W., 1972:
"Die Entstehung eines Genzentrums in Ostafrika - ein Beitrag zur Genzentrentheorie." Z. Pflanzenzüchtung 68, S. 124 - 148

PURSEGLOVE, J.W., 1959:
"History and function of botanic gardens with special reference to Singapore." Garden's Bull. Singapore 17. S. 125 - 154

--------, 1965:
"The Spread of Tropical Crops." In: The genetics of colonizing spezies, ed. by H.G. BAKER and G. STEBBINS. Proc. First Internat. Union Biol. Sci. Symposia on General Biol., Academic Press, New York. pp 375 - 389

ROBERTS, E.H., 1975:
"Problems of long-term storage of seed and pollen for genetic resources conservation." In: 7.

ROGERS, D.J., B. SNOAD and L. SEIDEWITZ, 1975:
"Documentation for genetic resources centers." In: 7.

ROMMEL, M., 1971:
"Möglichkeiten der Leistungssteigerung durch Pflanzenzüchtung in Entwicklungsländern." Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 1, Vorträge der Witzenhäuser Woche 1971, S. 33 - 43

ROMMEL, M., 1974:
"Beiträge der deutschen Pflanzenbauwissenschaften zur subtropischen und tropischen Landwirtschaft." Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 4, S. 46 - 74

--------, 1976:
"Fragen der Getreidezüchtung für semiaride Gebiete."
Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 5, S. 133 - 139

RUDORF, W., 1956:
Wildarten und Primitivformen unserer Kulturpflanzen als Genreserven. Arbeitstagung der Saatzuchtleiter, BVA Gumpenstein, S. 94 - 121

SCHEIBE, A., 1963:
Über Werden und Vergehen der Kulturpflanzen. Göttinger Universitätsreden 38, Vandenhoek & Ruprecht, Göttingen, 24 S.

SCHIEMANN, E., 1932:
"Entstehung der Kulturpflanzen." In: 2

--------, 1933:
"Einiges aus der Abstammungsgeschichte der Kulturpflanzen."
Der Züchter, 4. Jg., Heft 11, S. 267 - 279

--------, 1939:
"Gedanken zur Genzentrentheorie Vavilovs."
Naturwissenschaften 27, S. 377 - 383, 394 - 401

SCHMIDT, G.A., 1934:
Das Kolonial-Wirtschaftliche Komitee - ein Rückblick auf seine Entstehung und seine Arbeiten aus Anlaß des Gedenkjahres 50jähriger deutscher Kolonialarbeit. Verlag Kolonialwirtschaftliches Komitee e.V., Berlin, 49 S.

SCHULTZE-MOTEL, W., 1970:
"Gedanken über zukünftige Aufgaben der Botanischen Gärten."
Taxon Vol. 19, Heft 1, S. 55 - 58

--------, 1977:
Akademische Lehre und Erwachsenenbildung in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens Berlin-Dahlem. - Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 10, S. 211 - 215

SEIDEWITZ, F., 1973 a:
"The German gene bank documentation system and its relation to international systems." European and regional gene banks. EUCARPIA proceedings, Izmir, S. 45 - 47

SEIDEWITZ, F., 1973 b:
"Einrichtung einer Genbank für die Bundesrepublik Deutschland." Landw. Forschung, Sh 26/1, S. 280 - 281

--------, 1975:
"Die Bedeutung der in Genbanken konservierten Formenmannigfaltigkeit für die Pflanzenzüchtung." Kali-Briefe, Fachgebiet 9 Pflanzenzüchtung, 7. Folge, Nov. 1975, 5 S.

--------, 1975:
Thesaurus für die Internationale Standardisierung der Dokumentation von Genbanken. Genbank im Institut für Pflanzenbau und Saatgutforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

SENCER, H.A., 1975:
"Recent and proposed exploration activities of the Izmir Centre, Turkey." In: 7

STEARN, W.T., 1965:
"The origin and later development of cultivated plants." J.R.hort.Soc., 90, S. 279 - 291, 322 - 341

STUBBE, H., 1959:
"Gedächtnisrede auf Erwin Baur, Gehalten am 25. Todestag (2. Dezember 1958) in Müncheberg/Mark." Der Züchter, 29. Band, Heft 1, S. 1 - 6

UNIVERSITY OF BIRMINGHAM, DEPARTMENT OF BOTANY, o.J. a:
Report on the First Five Years of the Postgraduate Training Course in Genetic Conservation at Birmingham, 5 S.

--------, o.J. b:
International Training Course in Conservation and Utilisation of Plant Genetic Resources.

VAVILOV, N.I., 1928:
"Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen." Sonderabdruck aus den Verhandlungen des 5. internat. Kongresses für Vererbungswissenschaften. Z. Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre. Leipzig, Supplement Bd. 1, S. 342 - 369

--------, 1949/50:
The Origin Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. Chronica Bot.Vol. 13, No. 1/6, pp 1 - 56 Waltham Mass. Translated from Russian by K. Starr Chester

WHYTE, R.O., 1958:
Plant Exploration, Collection and Introduction, FAO Agric. Studies No. 41, FAO Rome, 117 S.

--------, 1959:
"International Approach to Plant Exploration and Introduction." Euphytica 8, S. 196 - 208

YAMASHITA, K., 1959:
"A preliminary report of the Botanical Mission of the University of Kyoto (B.M.U.K.) to the Eastern Mediterranean Countries, April - July 1959." Wheat Information Service, No. 9 - 10, S. 43 - 48

ZEVEN, A.C., 1973:
"Dr. Th. H. Engelbrecht's views of the origin of cultivated plants." Euphytica 22, S. 279 - 287
Anhang: TH.H. Engelbrecht, 1916: (Über die Entstehung einiger feldmäßig angebauter Kulturpflanzen.) "On the origin of some cultivated field crops." translated from Geogr. Z., 22, S. 328 - 334

ZHUKOVSKY, P.M., 1961:
"Grundlagen der Introduktion der Pflanzen auf Resistenz gegen Krankheiten." Der Züchter, 31. Band, Heft 5, S. 248 - 253

--------, 1968:
"New centres of the origin and new gene centres of cultivated plants including specifically endemic micro-centres of species closely allied to cultivated species." Bot. Zh. 53, S. 430 - 460

ZOHARY, D., 1970:
"Centers of Diversity and Centers of Origin." In: 6